

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ІВТ

_____ Володимир ЄРЕМЕНКО
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 20 p.

Дипломний проєкт

за освітньо-професійною програмою

«Інформаційні вимірювальні технології та системи»

спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»

на тему: Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi

Виконав: студент IV курсу, групи ВА-61-2

Пестряков Артем Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник старший викладач Козир Олег Васильович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____ (підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет (інститут) приладобудівний факультет
(повна назва)

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Освітньо-професійна програма
«Інформаційні вимірювальні технології та системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Володимир ЄРЕМЕНКО
(підпис) (ініціали, прізвище)
«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Пестряков Артем Вячеславович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi

керівник проєкту (роботи) старший викладач Козир О.В. _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. №__

2. Строк подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Вихідні дані до проєкту (роботи) : Похибка знешумлення зображення 5%. Пристрій збору та передачі даних - Raspberry Pi.

4. Зміст (дипломної роботи) розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) ТЗ. Вступ. Огляд пристроїв нічного бачення. Шуми на цифрових зображеннях. Моделювання роботи фільтрів на спотворених зображеннях. Розробка функціональної схеми. Характеристика та опис датчика та мікропроцесора. Експериментальне дослідження та аналіз похибок

5. Перелік (ілюстративного) графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів тощо) Схема структурна. Схема функціональна. Схема принципова.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 11 лютого 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	22.02.2020 р.	
2.	Огляд і аналіз існуючих технічних рішень	05.03.2020 р.	
3.	Проектування структурної схеми	13.03.2020 р.	
4.	Проектування функційної схеми	02.04.2020 р.	
5.	Проектування схеми електричної принципової вимірювальних каналів системи	14.04.2020 р.	
6.	Аналіз похибок вимірювальних каналів	14.05.2020 р.	
7.	Оформлення графічних матеріалів	01.06.2020 р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки	01.06.2020 р.	
9.	Попередній захист дипломного проєкту	07.06.2020 р.	
10.	Рецензування дипломного проєкту	до 10.06.2020 р.	
11.	Захист дипломного проєкту	до 20.06.2020 р.	

Студент

(підпис)

Артем ПЕСТРЯКОВ
(ініціали, прізвище)

Керівник проєкту

(підпис)

Олег КОЗИР
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків. Загальний об'єм пояснювальної записки становить 64 сторінок, 29 рисунки та 2 таблиці, перелік посилань.

В ході виконання дипломної роботи було розроблено цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi, який зменшує шум на вхідному зображенні.

Було розглянуто прибори нічного бачення з початку їх розвитку та розглянуто задачі для яких вони використовуються. Також розглянуто види шумів на цифровому зображенні та фільтри, які більш всього нам підходять.

Проведено моделювання спотвореного зображення для визначення фільтра, який зможе найефективніше виконувати покращення зображення зроблених нашою камерою. Та після моделювання було проведено дослідження роботи цього фільтру над реальними зображеннями.

ABSTRACT

Thesis consists of an introduction, four sections and conclusions. The total volume of the explanatory note is 64 pages, 29 figures and 2 tables, a list of references.

During the thesis, a digital night vision device based on the Raspberry Pi platform was developed, which reduces the noise in the input image.

The night vision devices from the beginning of their development were considered and the tasks for which they are used were considered. We also consider the types of noise in the digital image and filters that are most suitable for us.

The distorted image is modeled to determine the filter that can most effectively improve the images taken by our camera. But after the simulation, a study of the operation of this filter on real images was conducted.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ІВТ

_____ проф. Володимир ЄРЕМЕНКО

" ____ " _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт

«Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi»

ВМ61.070004.001 ТЗ

УЗГОДЖЕНО:

Керівник дипломного проєкту

_____ Старший викладач

(Посада)

_____ Козир О.В.

(Прізвище І.ПБ.)

" ____ " _____ 2020 р.

Дипломник:

Ст. гр. ВМ-61-2

_____ Пестряков А.В.

(Прізвище І.ПБ.)

" ____ " _____ 2020 р.

Залікова книжка _____

Київ 2020

1 ПРИЗНАЧЕННЯ І СКЛАД СИСТЕМИ

Цифровий пристрій нічного бачення на платформі Raspberry Pi призначений для спостереження за різними об'єктами в повній темряві в хорошій якості. Цю можливість нам дає камера без інфрачервоного фільтра та джерело інфрачервоного світла.

2 ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ

2.1 Найбільш популярними галузями застосування цифрового пристрою нічного бачення на платформі Raspberry Pi є:

- Нічне полювання;
- Військова сфера;
- Зйомка в темряві;
- Нічне відеоспостереження;
- Орієнтація в повній темряві;

2.2 Цифровий пристрій нічного бачення на платформі Raspberry Pi може застосовуватися автономно або мануально, як для військових цілей, так і в особистих цілях. Прилад легко використовувати й налаштовувати.

3 ПІДСТАВИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРОБКИ

Підставою для розробки є завдання на дипломний проект, видане і затверджене кафедрою Автоматизації експериментальних досліджень Національного Технічного Університету України «КПІ імені Ігоря Сікорського» у березні 2020 р.

4 МЕТА ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

Метою розробки є створення цифрового пристрою нічного бачення на платформі Raspberry Pi з зменшенням шумів на вихідному та вихідному зображенні.

Техніко-економічним обґрунтуванням розробки є створення системи яка буде краще своїх аналогів, але ціна буде нижче, за рахунок програмної частини, ніж аналоги. Це дає можливість використовувати пристрій більшому сегменту користувачів.

5 ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

Джерелами розробки є:

- державні та галузеві стандарти;
- навчальні посібники, довідники, нормативні документи;
- науково-технічна література по проектуванню електронного обладнання.

6 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

6.1 Вимоги, що визначають експлуатаційні характеристики, показники якості та метрологічні характеристики.

6.1.1 Технічні характеристики, метрологічні характеристики і показники якості.

6.1.1.1 Система повинна надавати видиме зображення в темряві

6.1.1.2 Система повинна виконувати обробку отриманого зображення

6.1.1.3 Система повинна мати джерело інфрачервоного світла

6.1.1.4 Система повинна реагувати на створений рух.

6.1.1.5 Система повинна мати наступні технічні характеристики

6.1.1.6 Система повинна зберігати свої параметри в межах норм, установлених технічним завданням протягом строків служби і зберігання після і

(або) в процесі впливу кліматичних факторів, що відповідають умовам кліматичного виконання УХЛ за ГОСТ 15150.

6.1.1.7 По стійкості до кліматичних і механічних дій система повинна відноситься до групи 4 ГОСТ 22261 - 94

6.1.1.8 Умови зберігання і транспортування

Блоки і модулі, що входять до складу системи, повинні допускати зберігання в опалювальних і не опалювальних сховищах за таких умов, згідно з ГОСТ 15150:

- для опалювального сховища:
 - температура повітря від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$;
 - відносна вологість повітря до 80% при температурі 25°C ;
- для неопалюваного сховища:
 - температура повітря від -50°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
 - відносна вологість повітря до 98% при температурі 25°C .

6.2 Вимоги до надійності

6.2.1 Система відноситься до відновлюваного класу виробів.

6.2.2 Середній час напрацювання на відмову має бути не менше 4000 год. згідно з ГОСТ27883

6.2.3 Середній термін служби повинен бути не менше 10 років.

6.2.4 Середній час відновлення повинен бути не більше 40 хв.

6.3 Вимоги безпеки при монтажі, експлуатації та ремонті.

6.3.1 Система повинна відповідати вимогам безпеки за ГОСТ 26104 і ГОСТ 12.2.007.0

6.3.2 Металеві частини системи, доступні для дотику до них обслуговуючого персоналу, які можуть виявитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції і не мають інших видів захисту, підлягають захисного заземлення за ГОСТ 12.1.030. Повинні бути передбачені клеми для підключення захисного заземлення.

6.4 Вимоги до засобів, методів і умов повірки

6.4.1 Умови проведення повірки повинні відповідати вимогам ГОСТ 8.395.

7 ЕТАПИ РОЗРОБКИ

Етапи розробки, оформлення та узгодження дипломного проекту наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Етапи розробки дипломного проекту

№ п/п	Найменування етапу	Дата
1	Розробка та узгодження технічного завдання	12.05.2020
2	Огляд аналогічних рішень	13.05.2020
3	Проектування схеми електричної структурної пристрою	15.05.2020
4	Проектування схеми електричної функціональної пристрою	20.05.2020
5	Проектування схеми електричної принципової пристрою	22.05.2020
6	Аналіз похибок вимірювального каналу	23.05.2020
7	Розрахунок похибок вимірювального каналу	25.05.2020
8	Розроблення питань охорони праці	28.05.2020
9	Розроблення програмного забезпечення дипломного проекту	01.06.2020
10	Оформлення графічних матеріалів	02.06.2020
11	Оформлення пояснювальної записки	04.06.2020
12	Попередній захист дипломного проекту	05.06.2020
13	Рецензування дипломного проекту	до 10.06.2020
14	Захист дипломного проекту	до 17.06.2020

Всі ГОСТи, що використовуються в даному ТЗ на ДП, є чинними на території України.

№рядка	Формат	Познака			Найменування	Аркуші	№ екз.	Примітки
1					Альбом 1			
2								
3					Документація загальна			
4					Заново розроблена			
5	A4	BM61.070004.001 ТП			Відомість технічного проекту	1	1	
6	A4	BM61.070004.001 ПЗ			Пояснювальна записка	63	1	
7	A4	BM61.070004.001 ТЗ			Технічне завдання	6	1	
8								
9	A4	BM61.070004.001 ПЕЗ			Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi			
10					Перелік елементів	1	1	
11								
12					Альбом 2			
13								
14					Графічна документація			
15					Розроблена заново			
16	A1	BM61.070004.001 E1			Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi			
17					Схема електрична структурна	1	1	
18								
19	A1	BM61.070004.001 E2			Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi			
20					Схема електрична функціональна	1	1	
21								
22	A1	BM61.070004.001 E3			Основні елементи			
23					Схема електрична принципова	1	1	
					BM61.290004.001 ТП			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Пестряков А.В			Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi Відомість технічного проекту	Літ.	Аркуш	Аркуші
Перев.		Козир О.В.				Т	1	1
Тех.контр.		Шевченко К.Л				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ІВТ, гр. BM61-2		
Н.контр.		БогомазовС.А.						
Затвердж.		Єременко В.С.						

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту

на тему: «Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi»

Київ – 2020 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1 ОГЛЯД ПРИСТРОЇВ НІЧНОГО БАЧЕННЯ	3
1.1 Історія розвитку приборів нічного бачення	3
1.2 Типи приладів нічного бачення.....	6
1.3 Призначення та функції підсистем «Цифрового пристрою нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi».....	12
2 ШУМИ НА ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ФІЛЬТРІВ НА СПОТВОРЕНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ	14
2.1 Види шумів	15
2.2 Фільтри шуму	18
2.3 Показники покращення зображення	26
2.4 Моделювання та обробки ідеального зображення	27
3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ. ХАРАКТЕРИСТИКА І ОПИС ДАТЧИКА ТА МІКРОПРОЦЕСОРА.....	40
2.1 Raspberry Pi Zero W	40
2.2 Датчик OV5647.....	48
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПОХИБОК	53
4.1 Експериментальне дослідження	53
4.2 Аналіз похибок	57
ВИСНОВКИ	63
ЛІТЕРАТУРА	64

ДОДАТОК А (Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi. Перелік елементів)

					ВМ61.070004.001 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						
Розроб.	Пестряков А.В..				Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Козир О.В..							О	І	
								КПІ ім Ігоря Сікорського каф.ІВТ, гр. ВМ61-2		
Н. контр.	Богомазов С.А.									
Затв.	Єременко В.С.				Пояснювальна записка					

ВСТУП

В умовах пониженої освітленості, для виявлення та розпізнавання об'єктів на місцевості, набули широкого застосування пристрої нічного бачення. В цих пристроях реалізовано ґрунтуються на різних принципах підсилення електромагнітного випромінювання, яке надходить від об'єкту спостереження. Широко застосовуються пристрої, які працюють у інфрачервоному діапазоні, такі як інфрачервоні камери та тепловізори. Останні представляють найбільший інтерес, оскільки вони використовують власне інфрачервоне випромінювання об'єкту, яке корелюється з його внутрішньою температурою. Однак, дана перевага вимагає складних технічних рішень і відповідно вимагає значних коштів на реалізацію пристрою. Що також впливає на рішення, які використовують при створенні готового продукту. Так, роздільна здатність тепловізорів менша ніж у інфрачервоних камер.

Цифрові зображення отримані оптико-електронними пристроями містять спотворення, спричинені впливом перешкод, які вносяться усіма складовими компонентами. Тому при створенні пристрою нічного бачення потрібно вирішити питання вибору принципу підсилення електромагнітного випромінювання від об'єкту та вирішити клас задач відновлення спотвореного пристроєм зображення.

Даний проєкт представлений розробкою пристрою нічного бачення на платформі Raspberry Pi Zero W та програмного забезпечення яке дає змогу зменшити спотворення на вхідному зображенні та отримати якісніше зображення на виході.

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						2
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ПРИСТРОЇВ НІЧНОГО БАЧЕННЯ

1.1 Історія розвитку приборів нічного бачення

Протягом всієї історії свого розвитку, люди прагнули стати досконалішими. Не маючи крил, побудували крилаті машини, і стали літати як птахи. Винайшов акваланг, навчилися плавати і занурюватися в безодню океану, як риба. Та од вічної мрії людини залишалося бачити в темряві, як кішка.

Але здійснення цієї мрії стало однією з найбільш важких завдань, так як зажадало серйозної наукової підготовки і значною техніко-економічної бази. Передумовою для створення приладів нічного бачення стало відкриття в 19 столітті інфрачервоного (теплого) випромінювання. Однак, пристрій, здатний "бачити" предмети не в оптичному (видимому), а в інфрачервоному (тепловому) діапазоні спектра було створено лише в 1934 р.

Цей момент прийнято вважати початком ери нічного бачення. Розвиток приладів нічного бачення можна розбити на ряд етапів, з якими пов'язана поява їх певних поколінь. Кожне наступне покоління відрізнялося від попереднього більшою дальністю бачення, кращою якістю зображення, зниженням маси і габаритів, збільшенням часу роботи, підвищенням стійкості до впливу світлових перешкод і цілим рядом інших переваг.

Головною ознакою, за яким розрізняються покоління приладів нічного бачення, є їх основний елемент - електронно-оптичний перетворювач (далі ЕОП), призначений для перетворення невидимого оком інфрачервоного зображення у видиме і посилення його по яскравості.[1]

0-е покоління

Прилади цього покоління були настільки неефективні при низькому освітленні, що постійно потребували сильному додатковому інфрачервоному

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						3
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

освітленні. В цьому випадку в більшій мірі відбувається перетворення інфрачервоним світлом, а не посилення зображення. У інфрачервоного освітлення було два великих недоліки: по-перше, це громіздкий джерело живлення ІЧ прожектора, по-друге, сам прожектор був помітний здалеку іншими користувачами ПНБ. Гідність підсилювачів 0-го покоління - це велика чутливість в глибокій ІЧ області. Однак через хімічних властивостей покриттів термін життя був невеликий. Тоді ще не було автоматичного захисту світлочутливих частин і плюс до всього залишалося післясвітіння від яскравих об'єктів.

1-е покоління

З появою, так званих, багато лужних фотокатодов зросла світлочутливість електронно-оптичного перетворювача, так що тепер, в більшості випадків, додаткове ІЧ освітлення було не потрібно. Такі ЕОП працюють в нижньому ІЧ діапазоні верхньої видимої області. Посилення набагато більше, ніж у 0-го покоління, але все ж відстає від сучасних 2-го і 3-го поколінь. Задовільний післясвітіння було досягнуто шляхом збільшення шляхи прискорення, що в свою чергу збільшило системні спотворення і зробило прилад більш габаритним. Частково з метою збільшення освітленості були з'єднані три підсилюючих труби (2-3-ступінчасті труби). Це зробило картинку яскравіше, але менш чіткої і контрастною. Крім того, при переході від однієї труби до іншого втрачалось більше (світловий) інформації і помилки збільшувалися багаторазово. Термін служби підсилювальної трубки (близько 1000-2000 год.) Виріс в порівнянні з 0-м поколінням. Покращення існували також щодо короткого післясвітіння люмінесцентного екрану. Проте все також була відсутня система захисту ЕОП від яскравих спалахів (особливо це позначалося під час бойових дій).

2-е покоління

Починаючи з середини 60-х років з появою мікро каналної пластини (далі МКП) відбувся перехід на більш сучасні ЕОП. Таким чином, принцип

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						4
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

роботи підсилювальної труби на прискорення електронів був доповнений їх множенням. МКП складається з більш ніж 2 мільйонів паралельних і злегка нахилених щодо осі ЕОП мікро каналів. Кількість мікро каналів на пластині(МКП) визначає дозвіл зображення. Завдяки принципу роботи МКП досягається набагато більш сильне посилення картинки, ніж це було можливо в попередніх поколіннях. До того ж з'явилася системний захист від спалахів: МКП має природний стелю емітованих електронів, так що яскраве світло не приведе до спалення ЕОП. Крім того розміри і вага приладів стали набагато менше завдяки МКП. Термін служби збільшився до 2500-5000 ч., А разом з проблемою післясвітіння усунули і спотворення зображення.

2+ покоління

Це вдосконалене 2-е покоління зі зміненими МКП, фотокатодом і люмінесцентним екраном. Фоновий шум був скорочений. Новий фотокатод S-25 краще реагував на ІК випромінювання, а змінена фосфорна суміш екрану дала більш світле і контрастне зображення. Для ЕОП 2 супер-покоління за допомогою нового фотокатода S-20R чутливість була розширена на дальній ІК спектр. Поліпшення МКП і люмінесцентного екрану (Р-22) призвело до збільшення якості приладів, таким чином супер-покоління стало порівняно з американським 3-им поколінням.

3-е покоління

Термін «3-тє покоління» використовується головним чином американськими виробниками для того, щоб підкреслити спеціальне фото катодних покриття на основі арсеніду галію.

Прогрес цьому ступені розвитку ґрунтується як на дальше поліпшення керуючої електроніки, МКП і люмінесцентного екрану, так і на новому покритті фотокатода. Суміш елементів галію і миш'яку дала значне збільшення світлочутливості. Перший GaAs-фотокатод був зроблений в кінці 80-х років і знайшли своє перше застосування у війні в Перській затоці в 1991

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						5
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

р. Кількість мікро каналів зросла до 6-12 млн. Для збільшення терміну служби підсилюючих труб (близько 10000 ч.) Використовувалося покриття з оксиду алюмінію, яке хоч і захищало чутливі елементи, але в той же час скорочувало кількість емітованих електронів. Сучасні ЕОП 3-го покоління мали перевагу над 2-м поколінням в першу чергу в умовах низької освітленості.

4-е покоління або перспективи розвитку

В даний час американські війська оснащені т. Н. «Filmless» або «thin filmed» (тонко плівковими) трубами, які дуже чутливі до глибокої ІК зоні. У цих ЕОП збільшено час життя (близько 15000 ч.) І, також поліпшений захист від яскравого світла. Але не дивлячись на те, що досягнута велика продуктивність, виробники не впевнені, що ці ЕОП можуть бути офіційно визнані 4-м поколінням.

Останні європейські розробки також показують на практиці непогані результати, вони без проблем працюють вдень, а завдяки новим покриттям фотокатода зображення стає все якісніше.

1.2 Типи приладів нічного бачення

В даний час випускаються і вільно продаються різні типи ПНБ, конструкції яких оптимізовані відповідно до їх призначення. Основними типами ПНБ є:

- прилади спостереження (монокуляри, псевдо бінокуляри, біноклі);
- приціли для стрілецької зброї;
- окуляри;
- прилади, що дозволяють документувати спостережуване зображення (нічні фото і відеокамери).

Монокуляри

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						6
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Нічні монокуляри (візири) мають один вхідний об'єктив, один ЕОП і один окуляр (лупу). Спостереження через такий ПНБ ведеться одним оком, а прилад утримується однією рукою.

Найбільш поширеними у вітчизняній продажу є монокуляри на базі ЕОП нульового покоління, що визначає їх прийнятну для середнього покупця ціну на рівні, відповідному 150-200 доларів США. Такі ПНБ мають вхідні об'єктиви зі світлосилою порядку 1: 1,51: 2 і фокусною відстанню 80-100 мм при куті поля зору від 10 до 20 градусів.

Джерело живлення живиться, як правило двома батарейками по 1.5 вольт. Маса становить близько одного кілограма.

Основний параметр як наглядних, так і всіх ПНБ - дальність бачення. Його грамотне визначення повинно включати наступні фактори: освітленість спостерігається сцени, розмір спостерігається мети і її контраст по відношенню до фону, детальність бачення: виявлення, розпізнавання, ідентифікація. Така багатфакторність визначення дальності бачення часто призводить до невідповідності між рекламними і реальними значеннями цього параметра.

У деяких випадках покупцеві пропонують перевірити роботу ПНБ при одягненою на об'єктив захисній кришці з «шпилькових» отвором, що імітує нічну освітленість. Така перевірка дає уявлення про якість зображення (чіткості і чистоті поля зору), але не може використовуватися для оцінки дальності бачення, тому що різко змінює параметри вхідного об'єктива.

З досвіду роботи і елементарних розрахунків слід, що наглядові ПНБ на базі ЕОП нульового покоління і вхідний оптикою з вищенаведеними параметрами забезпечують при освітленості 0,01 люкса (освітленість, створювана вночі чвертю місяця) виявлення ростової фігури людини на тлі зелені зі 150200 м і розпізнавання її деталей приблизно з 70-100 м.

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						7
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Деякі ПНБ такого типу комплектуються малогабаритними інфрачервоними освітлювачами (максимум випромінювання близько 0,8 мкм), з потужністю порядку декількох десятків міліват / стерадіан.

Ефективна дальність дії таких освітлювачів близько 50 м, П ІВ з таким освітлювачем дає можливість роботи в повній темряві (печери, підвали), але демаскує спостерігача для аналогічних або більш досконалих ПНБ.

Великими можливостями мають ПНБ, що використовують ЕОП другого покоління. При світлосильних об'єктивах зі збільшенням 3-5 раз ці ПНБ дають можливість спостереження навіть в безмісячну ніч, що відповідає освітленості на місцевості (1 ... 5) x10-3люкс. При цьому фігура людини виявляється з відстані 400-600 м, а її деталі - з 250-300 м.

ПНБ з ЕОП другого покоління мають гарну перешкодозахищеність: яскраві засвічення, потрапляючи в поле зору таких ПНБ, на вихідному зображенні носять локальний характер: не створюють ореолів і не заважають спостереженню по всьому полю зору. Маса таких ПНБ, в основному через великі розмірів і маси ЕОП другого покоління, становить не менше 1,5-2 кг. Ціна - від однієї до кількох тисяч доларів в залежності від якості ЕОП і оптичних компонентів, а також схеми живлення. включаючи автоматичне регулювання вихідний яскравості (АРЯ).

Біноклі

При нормальному зоровому процесі людина користується двома очима. Зображення, створювані кожним оком. доповнюючи і підсилюючи один одного, створюють в нашій свідомості один зоровий образ, що несе також інформацію про просторове характері зображення (стереоскопічний ефект).

У псевдо біноклярних ПНБ використовується один об'єктив, один ЕОП і біноклярний панорамний окуляр на виході. Такий окуляр звернений до спостерігача опуклою стороною плоскою лінзи, з кутом поля зору 90 і більше

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						8
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

градусів, через яку зображення на екрані ЕОП розглядається двома очима. Це забезпечує більшу зручність спостереження і відповідно, меншу втому очей.

Нічні біноклі класичної схеми містять два об'єктива, два ЕОП і два окуляри. На відміну від псевдо біноклярів така схема забезпечує стереоскопічність зображення віддалених об'єктів, для чого відстань між вхідними об'єктивами робиться значно більше, ніж відстань між очима (база). При спостереженні нічний бінокль, як і звичайний, утримується двома руками за допомогою спеціальних конструктивних елементів: ручок, утримувачів, припливів.

Залежно від якості оптичних компонентів і типу застосовуваних ЕОП (нульове, перше чи друге покоління) ціна на псевдо і біноклярні ПНБ лежить в межах від 800 до 2500 доларів.

Приціли

У певних обставинах необхідно не тільки спостереження за об'єктом в темний час доби, а й прицільна стрільба в нього в таких умовах (наприклад, нічне полювання). Цю задачу вирішують нічні приціли. Принципово нічний приціл аналогічний нічному монокуляра, але має наступні істотні відмінності.

Приціл має механізм кріплення на зброю і механізм «вивірки». Останній забезпечує поєднання лінії прицілювання (стрільби) зброї з спеціальною міткою («маркою») в поле зору ПНБ, що грає при нічний стрільби роль «мушки». Марка може бути темною або світиться, що більш переважно, т. До, що світиться марка легше різниться на темному предметі (цілі). У зв'язку з великими ударними навантаженнями, що виникають в момент пострілу (до 100 і вище "g"), до всієї конструкції приладу пред'являються підвищені в порівнянні з іншими ПНБ вимоги по ударостійкості.

Дальність дії нічних прицілів розумно співвідносити з дальністю прицільної стрільби зброї, яка для легкої стрілецької зброї становить 200 - 400 метрів. Нічні приціли можна використовувати і в денний час, для чого на

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						9
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єктив одягається спеціальна діафрагма (кришка) з «шпилькових» отвором, що захищає ЕОП від яскравого світла і одночасно забезпечує хорошу видимість мети.

Більш складна конструкція прицілів визначає і їх більш високу на 25-30 відсотків (в порівнянні монокулярами) ціну.

Окуляри нічного бачення

Принциповою відмінністю окулярів нічного бачення (ОНБ) від вищеописаних ПНБ є те, що ОНБ закріплюються на голові або спеціальному головному уборі спостерігача, залишаючи його руки вільними для виконання різних робіт і операцій в нічний час. Сфера останніх широка і різноманітна: ремонтні і рятувальні роботи, водіння наземного та повітряного транспорту, стрільба по цілях, підсвічується лазерними випромінювачами.

В останньому випадку об'єкт (мета) «мітиться» невидимим неозброєним оком променем лазера, поєднання зі зброєю, а стрілок, спостерігаючи «мітку» за допомогою ОНБ і навівши її на мету, вражає останню без звичайного прицілювання. Для звичним життям і швидкої орієнтації практично всі типи ОНБ мають одноразове збільшення і широке поле зору: 40 і більше градусів. Класична конструкція ОНБ містить два об'єктива, два ЕОП і два окуляри, в ряді ОНБ з метою зниження ціни використовуються один об'єктив і один ЕОП (так званий тип «циклоп»).

Найбільш доступними і дешевими є ОНБ на ЕОП нульового і першого поколінь, а найбільш ефективними по дальності і найбільш легкими (менше 500 г) - на базі ЕОП 2+ і 3-го поколінь. Через високу ціну таких окулярів, порівнянної з ціною середнього автомобіля, вони використовуються в основному для нічного пілотування вертольотів або для завдань, що вирішуються спецслужбами.

Останнім досягненням в області ОНБ є голографічні ОНБ. За рахунок використання голографічних дзеркал і фільтрів в таких окулярах практично

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						10
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

повністю. Пропускався, посилене ЕОП зображення слабо освітлених об'єктів, одночасно на стільки ж відбиваючи заважають спостереженню світлові перешкоди, які видно як би через дуже темні окуляри. Нижня частина маски таких окулярів має підвищену прозорість, що робить зручним спостереження приладової дошки при використанні окулярів для водіння транспорту в нічних умовах.

ПНБ з документуванням зображення

У ряді випадків потрібне документування (фотографія, відеозапис) спостережуваних за допомогою ПНБ сцен, об'єктів і їх дій.

Найбільш просте рішення - приєднання до ПНБ. замість окуляра фото або кінокамери. Деякі ПНБ комплектуються адаптерами для приєднання.

Більш досконалою і багатофункціональною є система, в якій зображення з екрану ЕОП ПНБ оптично передається на прилад із зарядним зв'язком (ПЗЗ-матрицю). Передача здійснюється за допомогою фотонів (волоконо-оптичних «Зменшувач» зображення) або лінзової оптики «перенесення». Електронна схема («обрамлення») ПЗЗ-матриці перетворює отримане зображення у відеосигнал в аналоговій і при необхідності в цифровій формі.

Відеосигнал може спостерігатися на телеекрані (моніторі), що більш зручно і менш утомливо, ніж спостереження (особливо тривале) через окуляр ПНБ. При цьому можлива одночасна запис на відеомагнітофон і передача на кілька моніторів для декількох операторів.

Відеосигнал може передаватися по кабелю (до 200 м без проміжних підсилювачів), або за допомогою вбудованого в прилад спостереження мініатюрного передавача, сигнал якого приймається на один з каналів звичайного телевізора.

Якість таких систем визначається числом телевізійних ліній, що передаються при певній освітленості спостерігається сцени.

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

При використанні ПНБ з ЕОП нульового покоління при освітленості 0,01 люкс передається 300-350 ліній, для ПНБ з ЕОП другого покоління таке ж число ліній передається при освітленості $1 \dots 5 \times 10^{-3}$ люкс, а з ЕОП третього покоління - при $1 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$ люкс.

Такі прилади можуть комплектуватися адаптерами для приєднання на вхід ПНБ сучасних об'єктивів для ПЗЗ-камер, що мають дистанційно регульовані діафрагму (auto-iris - функція регулювання діафрагми в автоматичному режимі), змінне збільшення (zoom - похідна величина, що показує відношення максимально і мінімального фокусної відстані) і під фокусування. Прилад з таким об'єктивом і ЕОП з хорошою схемою АРУ забезпечує практично цілодобове (від без місячної ночі до яскравого дня) спостереження з необхідним документуванням.

Перетворення відеосигналу в цифровий код дає системам «ПНБ + ПЗС» додаткові можливості. Отримується зображення може реєструватися цифровий фото або відеокамерою, піддаватися обробці для посилення контрасту, усунення світлих і темних дефектів, фарбуватися в умовні кольори.

Більш складний комплекс з двох ПНБ з ПЗЗ зі спеціальними світлофільтрами після цифрової електронної обробки сигналів створює на моніторі зображення, що спостерігається нічний сцени в природних кольорах. Це істотно підвищує інформативність, швидкість і цінність зорового сприйняття. Такий прилад, який спростовує відоме прислів'я «вночі всі кішки сірі», був продемонстрований на виставці "IDEX-97" (Абу-Дабі) бельгійською фірмою "Delft Sensor Systems". На думку розробників, зображення в природних кольорах підвищує ефективність виявлення і розпізнавання об'єктів в нічних умовах на 30-60 відсотків.

1.3 Призначення та функції підсистем «Цифрового пристрою нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi»

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						12
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

«Цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi»
може складатися з наступних підсистем:

- Отримання зображення з камери;
- Система обробка отриманого зображення;
- Система відображення обробленого зображення;

Функції підсистем «Цифрового пристрою нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi»:

1) Отримання зображення з камери. За допомогою модуля камери відбувається захоплення зображення. Це дає змогу отримати цифрову картинку.

2) Система обробки отриманого зображення. За допомогою алгоритму, програмно буде оброблюватися отримане зображення для його покращення.

3) Система відображення обробленого зображення. За допомогою телефона можна побачити оброблене зображення.

Висновок: в даному розділі було розглянуто систему «Цифрового пристрою нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi»;, підсистеми з яких вона може складатись та їх функції. Також було вказано, з яких підсистеми складається розроблена система та обговорено функції, які вона може виконувати.

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						13
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ШУМИ НА ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ФІЛЬТРІВ НА СПОТВОРЕНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

Цифрові зображення, сформовані різними оптико електронні системами і зареєстровані різними приймачами, спотворюються впливом перешкод різного характеру. Спотворення зображення вносяться усіма компонентами зображуючого приладу, починаючи з освітлювальної системи (наприклад, нерівномірність освітленості предмета). Спотворення, які вносить оптична система, називаються аберації. Спотворення, які вносять електронні приймачі випромінювання, наприклад ПЗЗ-матриці, називаються електронним шумом. Всі перешкоди, що вносяться до цифрове зображення, прийнято називати шумом. Шум ускладнює і візуальний аналіз зображень людиною, і їх автоматичну обробку. Багато методи поліпшення зображень зменшують вплив шуму, внесеного в процесі формування цифрового зображення.

Шум, що з'являється на зображеннях, може бути класифікований різними способами. Він може бути корельований або не корельований, залежних або незалежних від самого реєстрованого сигналу і т. д. Знання щодо системи отримання зображень, візуальний аналіз зашумленого зображення допомагають в побудові моделі шуму та оцінці його статистичних характеристик. Математично певна модель шуму допомагає побудувати оптимальну для цього додатка систему поліпшення зображень. Розглянемо найбільш часто використовувані моделі шумів на зображеннях та виконаємо фільтрацію зображення і порівняємо їх.

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						14
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Види шумів

2.1.1 Імпульсний шум

Під імпульсним шумом розуміється спотворення сигналу імпульсами, тобто викидами з дуже великими позитивними або негативними значеннями і малою тривалістю. При обробці зображень імпульсний шум виникає, наприклад, внаслідок помилок декодування, які призводять до появи чорних і білих точок на зображенні. Тому його часто називають шум солі і перцю. Викиди шуму особливо помітні на дуже темних або дуже світлих ділянках зображень. Імпульсний шум моделюється наступним чином. Поява викиду шуму в кожному пікселі (i, j) зображення має ймовірність p і не залежить ні від наявності шуму в інших точках зображення, ні від вихідного зображення. Значення яскравості пікселя замінюється на нове значення d (від 0 до 255). Нехай $\{x_{i,j}\}$ - спотворене зображення. Тоді

$$x_{i,j} = \begin{cases} d & \text{з ймовірністю } p \\ s_{i,j} & \text{з ймовірністю } (1 - p) \end{cases}$$

де $s_{i,j}$ – значення яскравості вихідного зображення. Якщо нове значення $d = 0$, вносяться чорні значення яскравості, це шум типу «перець». Якщо $d = 255$, вносяться білі значення яскравості, це шум типу «сіль». Параметр d може також приймати випадкові значення. Передбачається, що вони є незалежними випадковими величинами з Гаусовим розподілом на інтервалі $[0, 255]$. Видалення такого шуму представляє більш складну задачу.

2.1.2 Адитивний шум

Індивідуальний шум описується співвідношенням

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$$

де $g(x, y)$ – зашумлене зображення;

$f(x, y)$ – вихідне зображення;

$\eta(x, y)$ – адитивний і не залежить від сигналу шум з гаусовим (або іншим) розподілом функції щільності ймовірності.

Гаусів шум (також званий нормальний шум) виникає на зображенні в результаті виникнення таких факторів, як шум в електричних ланцюгах, шум сенсорів, - через нестачу освітлення і / або високої температури. Модель цього шуму широко застосовується при фільтрації зображень і сигналів, оскільки вона передбачає незалежність і нульове математичне сподівання перешкод. Функція щільності розподілу ймовірностей гаусом випадкової величини z (рисунок 2.1) задається наступним виразом:

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-\mu)^2/2\sigma^2}$$

де z визначає рівень яскравості з усіх можливих значень для зображення (наприклад, для восьмибітового зображення $0 \leq z \leq 255$);

μ – середнє значення (математичне очікування) випадкової величини z ;

σ – середньоквадратичне відхилення.

Величина, що дорівнює квадрату середньоквадратичного відхилення,

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						16
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

називається дисперсією σ^2 і визначає потужність внесеного шуму.

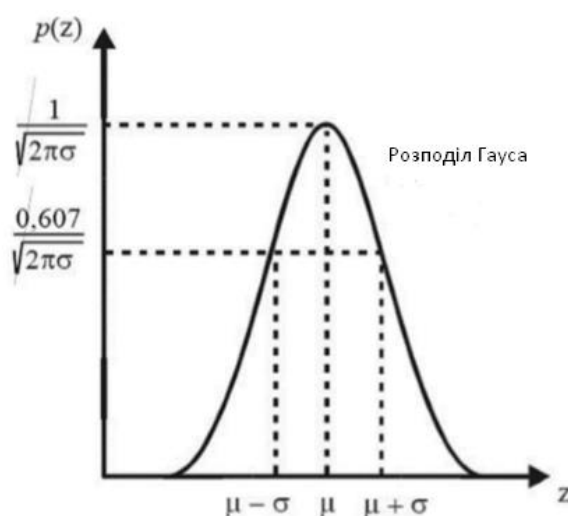


Рисунок 2.1 – Функція щільності розподілу ймовірностей гаусом випадкової величини z , що має форму дзвоника

Таким чином, $p(z)$ визначає ймовірність того, що значення поточного відліку шуму буде мати яскравість, рівну z . Якщо випадкова величина z описується функцією Гауса, то приблизно 67% її значень зосереджено в діапазоні $[(\mu - \sigma), (\mu + \sigma)]$ і близько 96 % – в діапазоні $[(\mu - 2\sigma), (\mu + 2\sigma)]$.

2.1.3 Мультиплікативний шум

Мультиплікативний шум описується співвідношенням

$$g(x, y) = f(x, y)\eta(x, y)$$

тобто шумова складова примножує прийнятий сигнал. Прикладами такого шуму є:

- зернистість фотоплівки;
- зображення, отримані за допомогою ультразвуку;
- радіолокаційні зображення.

2.1.4 Шум квантування

Шум квантування залежить від сигналу і характеризується обраним кроком квантування значень сигналу. Наприклад, в результаті бінаризації яскравість зображення описується двома значеннями: чорний і білий.

Такий шум може виробляти небажані артефакти (наприклад, помилкові контури навколо об'єктів) або усувати з низькою контрастністю деталі на зображенні. Він не усувається.

2.1.5 Спекл-шум

Спекл-шум (як і у всіх скануючих системах з когерентним формуванням зображення) викликаний енергетичними перешкодами через безладно розподілених відбивачів сигналу, занадто дрібних для того, щоб їх могла відобразити система. Це клас шумів, що залежать від самого сигналу зображення. Для об'єктів з низьким дозволом він зазвичай є мультиплікативний. Спекл-шум виникає при отриманні цифрових зображень за допомогою ультразвукових медичних сканерів, оптичних сканерів і радарів. В результаті зображення виглядає «зернистим».

2.2 Фільтри шуму

Послаблення перешкод досягається фільтрацією зображення. Зображення описується двовимірною функцією, значення якої змінюються повільніше, ніж двовимірної функції, яка описує шум. Різноманіття методів

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						18
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

фільтрації зображень пов'язано з різноманітністю математичних моделей сигналів, перешкод і критеріїв оптимальності фільтрації. Фільтрація зображень виробляється в просторовій або частотній областях. Для фільтрації в частотній області зображення повинно бути перетворено в частотне представлення за допомогою, наприклад, перетворення Фур'є, яке відноситься до перетворень глобального типу. Методи фільтрації можна розділити на два класи: лінійні і нелінійні. Розглянемо основні методи поліпшення зображень в просторовій області на прикладі на півтонових зображень. При оцінці корисного сигналу в кожному пікселі розглядають околиця цього пікселя і значення яскравості в цій околиці. Перетворення, які для обчислення значення яскравості одного пікселя враховують значення пікселів в деякій околиці називаються локальними. Околиця називають також вікном. Форма і розміри вікна можуть бути довільними, положення центру вікна також може бути будь-яким. Часто в операціях використовуються значення деякої матриці, що має ті ж розміри, що і околиця. Таку матрицю називають маскою, фільтром, ядром фільтра. Значення елементів матриці називають коефіцієнтами. При лінійній фільтрації зображень форма і розмір використовуваної околиці визначають маску фільтра. Маска - це матриця вагових коефіцієнтів, визначених для пікселів, що потрапили в околиці аналізованого пікселя. На практиці використовують в основному маски симетричної форми, центр якої збігається з центром міста, тобто маски. Поширеним видом околиці є квадрат розміром 3×3 , 5×5 і т. д. Фільтрація зображення $f(x, y)$, що має розміри $M \times N$, за допомогою ядра розмірами $m \times n$ задається формулою

$$g(x, y) = \sum_s \sum_t w(s, t) f(x + s, y + t)$$

де s і t - координати елементів маски щодо її центру (в центрі $s = t = 0$).

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						19
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Такого роду перетворення називаються лінійними, і їх можна виконати за допомогою операції згортки (схематично ця операція представлена на рис. 2.2).

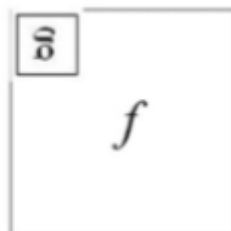


Рисунок 2.2 – Операція згортки зображення f за допомогою ядра g

Нехай f - функція яскравості, g - ядро. Операція згортки зображення f за допомогою g позначається як $f * g$ і описується наступним чином:

$$(f * g)[m, n] = \sum_{k, l} f[m - k, n - l]g[k, l]$$

Відзначимо, що, якщо ядро несиметрично, його треба перетворити симетрично щодо його ж центру. Таким чином, ідея фільтрації ґрунтується на інтегральному використанні яскравості пікселів, що потрапили в заданий вікно, з урахуванням коефіцієнтів ядра фільтра (рисунок 2.3). У цьому полягає основна відмінність фільтрації від розглянутих вище операцій обробки зображень точкового типу: фільтрація є процедурою обробки зображень локального типу. При реалізації операцій просторової фільтрації в вікні виникає невизначена ситуація, коли центр вікна близький до кордону зображення і кілька елементів маски виходять за межі зображення. Існує кілька способів врахувати цю обставину:

- 1) найпростіший спосіб полягає в обмеженні переміщення центру вікна по зображенню, тобто не виходити за краї зображення;
- 2) розширити зображення шляхом додавання рядків і стовпців з нульовими значеннями;
- 3) розширити зображення симетрично кордоні, повторивши рядки і стовпці зображення.

Після обробки додані рядки і стовпці віддаляються. Це дозволяє отримати оброблене зображення розміром з вихідне. Слід пам'ятати, що значення пікселів, що використовувалися для розширення зображення, впливають на результат фільтрації пікселів всередині граничної смуги, ширина якої залежить від розмірів маски.

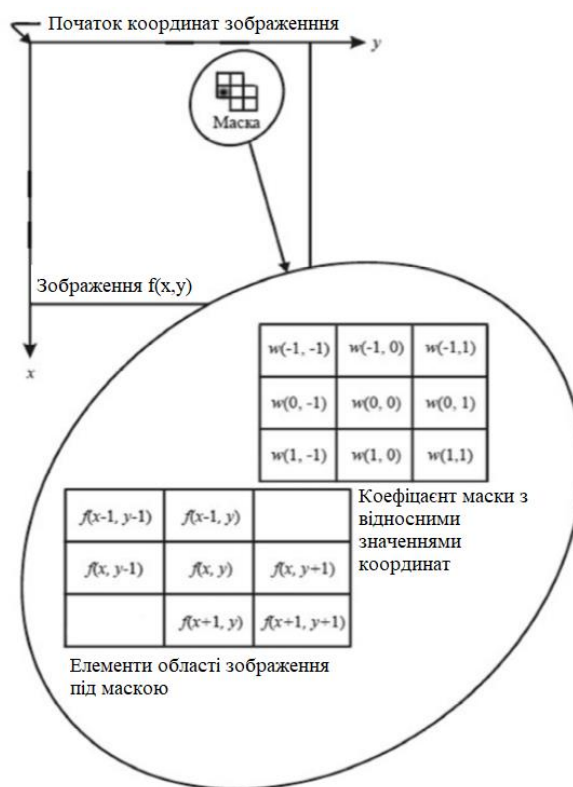


Рисунок 2.3 – Зображення, вікно фільтра, накладене на піксель, показаний темним кольором, коефіцієнти ядра фільтра (причому $w(1, -1) = w(-1, 1) = 0$), значення яскравості пікселів, що потрапили у вікно.

2.2.1 Фільтр Гауса

При завданні фільтрів можна використовувати маски з різними ваговими коефіцієнтами (див. Рис. 2.3). Логічно припустити, що пікселі, розташовані ближче до аналізованого пікселя, надають більший вплив на яскравість, яка обчислюється в процесі фільтрації. До такого типу фільтрів відносяться фільтри, значення ваг яких описується “колоколообразной” функцією Гауса (рис. 2.4):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Де параметри μ - координата центральної точки, σ – речова константа, яка визначає ширину дзвони. Також на рис. 2.4 представлені двовимірні варіанти завдання функції Гауса.

$$G_{\sigma} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

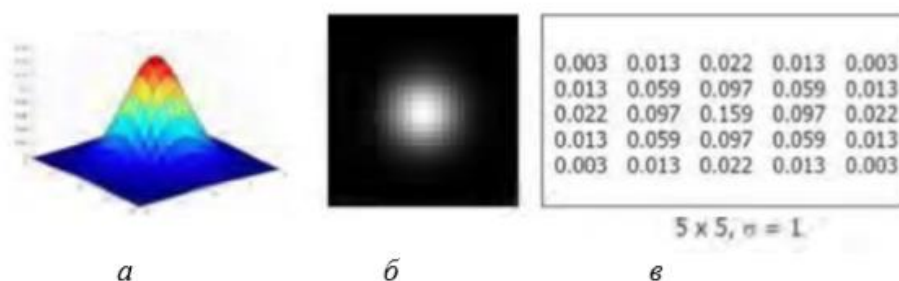


Рисунок 2.4 – Різні уявлення функції Гауса: аналітичне, *a* - у вигляді поверхні; *б* - у вигляді пів тонування; *в* - у вигляді маски з коефіцієнтами.

Чим більше σ , тим більше розмивається зображення при застосуванні фільтра. Значення даного параметра слід вибирати в залежності від того, наскільки сильно необхідно розмити зображення. Зазвичай радіус фільтра r вибирається рівним 3σ .

Властивості фільтра Гауса:

1. Фільтр Гауса є роздільним. Це означає, що двовимірна функція Гауса може бути представлена у вигляді добутку двох одновимірних функцій:

$$G_{\sigma}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)\right) \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma^2}\right)\right)$$

а це дозволяє знизити кількість обчислень з $4r^2$ до $4r$ на кожний піксель.

2. Згортка два рази з ядром фільтром радіусу σ дає той же результат, що з фільтром радіусу $\sigma\sqrt{2}$.

2.2.2 Медіанна фільтрація

Якщо на зображенні є перешкоди у вигляді білих або чорних точок, це шум імпульсного типу. Лінійна фільтрація не усуває їх повністю. Для видалення шуму такого типу використовуються нелінійні фільтри, наприклад медіанний. При медіанній фільтрації також використовується поняття околиці і її центру. Околиця може мати довільну форму і розмір, центр може розташовуватися довільно щодо околиці. При суміщенні центру міста з аналізованих пікселем околиця служить вікном, крізь яке «бачимо» і відбираємо ряд сусідніх пікселів, їх значення яскравості сортуються за зростанням, значення середнього в ряду (тобто медіанного) елемента після сортування і буде результатом фільтрації в даному вікні. Потім вікно зміщується, а процедура повторюється для всіх пікселів вихідного

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						23
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

зображення. На практиці вікно часто має прямокутну форму з непарною кількістю елементів, а його центр розташовується в геометричному центрі. Наприклад, нехай в вікно розміром 3×3 (рис. 2.5) потрапили дев'ять пікселів. Після сортування їх значень в результаті медіанної фільтрації центральний піксель приймає значення 6.



Рисунок 2.5 – Ідея медіанної фільтрації в вікні 3×3

Оскільки вікно може мати довільну форму, для його опису зручно використовувати прямокутну маску, елементи якої приймають значення 0 і 1. У сортуванні беруть участь тільки пікселі, які відповідають ненульовим елементам маски. Існують алгоритми зваженої медіанної фільтрації. У масці, відповідної вікна фільтра, використовуються, крім 0 і 1, цілі числа 2, 3 та ін. Вони вказують, скільки разів повторити яскравість відповідного пікселя перед сортуванням. Як правило, великі ваги розташовуються ближче до центру вікна для посилення впливу яскравості центральних пікселів на результат. Число значень яскравості, що беруть участь в сортуванні, дорівнює сумі ваг маски. Властивості медіанного фільтра:

- роздільний;
- нелінійний;
- на напівтіньових зображеннях фільтр не вносить значення яскравості, відсутні в оригінальному документі;
- якісно видаляє шуми імпульсного типу.

Медіанні фільтри успішно покращують від скановані старі фотографії з білими смугами на місці згинів. Медіанний фільтр добре справляється зі слабким і середнім ступенем зашумлення, однак для зниження більш інтенсивних шумів необхідно використовувати медіанний фільтр з більшими розмірами вікна фільтрації. Однак збільшення розмірів вікна фільтра може призвести до спотворення обрисів об'єктів. Крім того, малі за розміром об'єкти можуть бути цілком видалені з зображення. Тому в кожному конкретному випадку параметри фільтру необхідно налаштовувати в залежності від ступеня спотворень і характерних розмірів спостережуваних об'єктів. Іноді краще два рази застосувати фільтр з вікном 3×3 , ніж один раз з вікном 5×5 . Результат медіанної фільтрації нечутливий до щільності розподілу шуму. Це пов'язано з тим, що медіанний фільтр з площею вікна $2M + 1$ ефективно пригнічує шумові пікселі у вікні сумарною площею менш M . У той же час при фільтрації контрастних великорозмірних об'єктів медіанний фільтр не розмиває і не зміщує їх краю (точки перепаду яскравості).[3]

2.2.3 Фільтр середньої точки

Використання фільтра середньої точки полягає просто в розрахунках середнього між максимальним і мінімальним значеннями в відносній області:

Відмітим, що цей фільтр komponує в собі методи порядкових статистик і усереднення. Вони краще всього працює при наявності таких випадково розподілених шумів, як гаусовий або рівномірний.

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						25
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Показники покращення зображення

Для розуміння що ми покращили зображення ми будемо використовувати MSE(Mean Squared Error) та SSIM(Structural Similarity Index). MSE або середньоквадратична відхилення:

$$MSE = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i,j) - K(i,j)]^2$$

I – пікселі вихідного зображення;

K – пікселі обробленого зображення;

$m \cdot n$ – розмір зображення;

Важливо відзначити, що значення 0 для MSE вказує ідеальне схожість. Значення більше одиниці означає меншу подібність і буде продовжувати зростати в міру збільшення середньої різниці між інтенсивностями пікселів.

SSIM вважається більш складно, і був створений для більш точного визначення різних двох зображень, якщо так можна висловитися. Особливістю є, що він завжди лежить в проміжку від -1 до 1, причому при його значенні рівному 1, означає, що ми маємо дві однакові картинки. Загальна формула має вигляд:

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)}$$

Тут $\mu(x)$ середнє значення для першої картинки, $\mu(y)$ це для другої, $\sigma(x)$ середньоквадратичне відхилення для першої картинки, і відповідно $\sigma(y)$ для

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						26
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

другої, $\sigma(x, y)$ це вже ковариация. Нагадаю вона знаходиться $\sigma(x, y) = \mu(x, y) - \mu(x) * \mu(y)$. Продовжимо C1 і C2, поправочні коефіцієнти, які потрібні нам внаслідок малості знаменника. Причому вони рівні квадрату числа, що дорівнює кількості квітів, відповідному даної бітності зображення, помноженої на і 0.01 і 0.03 відповідно.[4]

2.4 Моделювання та обробки ідеального зображення

Ми почнемо з імпорту пакетів, які нам знадобляться — `matplotlib` для побудови графіка, `NumPy` для чисельної обробки, `cv2` для наших прив'язок `OpenCV` та `PIL` для отримання розмірів зображення. Наш SSIM метод вже реалізований для нас компанією `scikit-image`, тому ми просто скористаємося їх реалізацією.

```
from skimage.measure import structural_similarity as ssim

import matplotlib.pyplot as plt

import numpy as np

import cv2 as cv

from PIL import Image

nSize = 1000

idealImage = 25*np.ones([nSize, nSize], dtype = np.int8)

idealImage[300:700, 300:700] = 100

#mu - математичне очікування

#s - середньоквадратичне відхилення

mu = 0

s = 9

randVals = np.random.normal(mu, s, size = [nSize, nSize])
```

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						27
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		


```

randVals = np.int8(np.fix(randVals))

noisedImage = idealImage + randVals

```

Для моделювання ми задаємо розмір зображення nSize 1000 пікселів в довжину та 1000 пікселів в ширину. Виходить масив і кожне його значення зараз дорівнює 25. Далі ми беремо середину цього квадрата в відношенні 300 до 700 и задаємо в цей проміжок всі значення 100. Це потрібно для того, щоб при переводі в картинку ми отримали певні кольори. 25 – це колір трішки світліший ніж чорний, а 100 – це сірий колір. Далі ми задаємо масив значень з математичним очікуванням 0 та середньоквадратичним відхиленням 9 відкидаючи значення після коми. І при додаванні цих значень виходить маси який при переводі в зображення містить в собі шум Гауса(рис 2.6).

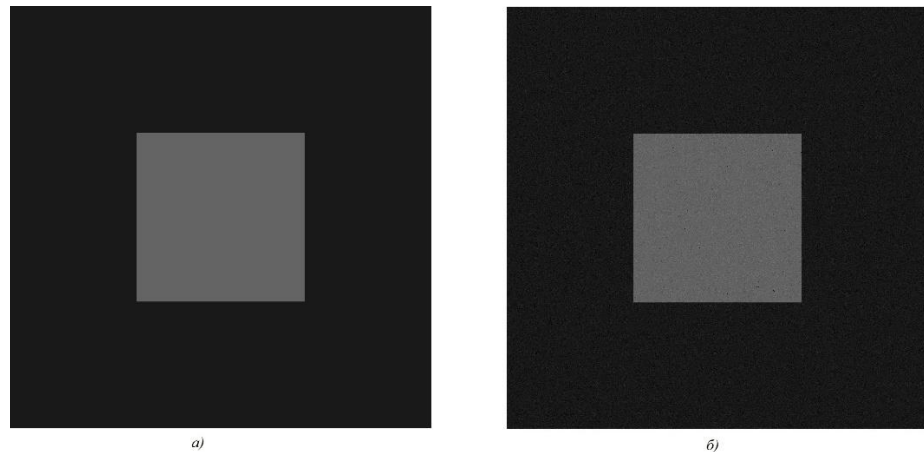


Рисунок 2.6 – Моделі зображення створені програмним шляхом: *а)* – ідеальне зображення; *б)* – зашумлене зображення;

```

def mse(imageA, imageB):

    err = np.sum((imageA.astype("float") -
imageB.astype("float")) * * 2)

    err /= float( imageA.shape[ 0] * imageA.shape[ 1])

    return err

```

Опис функції mse:

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						28
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Функція `mse` приймає два аргументи - `imageA` і `imageB` (тобто зображення, які ми хочемо порівняти для подібності).
- Спочатку ми перетворимо зображення з без знакових 8-бітних цілих чисел в плаваючу точку, таким чином, ми не стикаємося з якимись проблемами з операціями модуля "обгортання". Потім ми беремо різницю між зображеннями, віднімаючи інтенсивності пікселів. Далі, ми сумуємо цю різницю.
- Далі ділимо нашу суму квадратів на загальну кількість пікселів в зображенні. Та повертаємо результат.

Опис функції `compare_images`:

```
def compare_images(imageA, imageB, title):

    m = mse(imageA, imageB)

    s = ssim(imageA, imageB)

    fig = plt.figure( title)

    plt.suptitle("MSE: %.2f, SSIM: %.2f"% (m, s))

    ax = fig.add_subplot( 1, 2, 1)

    plt.imshow(imageA, cmap = plt.cm.gray)

    plt.axis("off")

    ax = fig.add_subplot( 1, 2, 2)

    plt.imshow(imageB, cmap = plt.cm.gray)

    plt.axis("off")

    plt.show()
```

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						29
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Цей метод використовуємо для порівняння двох зображень, використовуючи як MSE, так і SSIM. Функція приймає три аргументи: imageA і imageB, які є двома зображеннями, які ми збираємося порівняти, а потім title – це інформація про нашої фігурі.
- Спочатку ми обчислюємо MSE і SSIM між двома зображеннями.
- Далі ми використовуємо деякі прості matplotlib побудови і показуємо MSE і SSIM, пов'язані з двома зображеннями, які ми порівнюємо(рис. 2.7).

MSE: 239.42, SSIM: 0.44

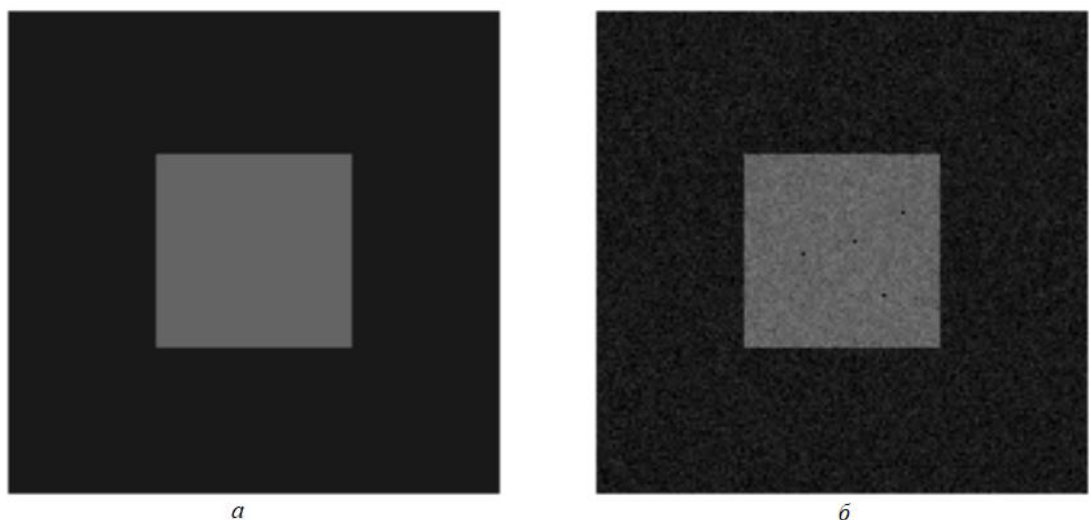


Рисунок 2.7 – Порівняння ідеального та зашумленого зображення: *a* – ідеальне; *б* – зашумлене;

Значення MSE та SSIM показує нам, що ідеальне та зашумлене зображення дуже відрізняються тому, що на зашумленому зображенні присутній шум Гауса. Використаємо фільтр Гауса на зашумлене зображення з різними розмірами ядра використовуючи уже реалізовану функцію

GaussianBlur з бібліотеки OpenCV. Функція приймає два головних аргументи, вхідне зображення та розмір ядра. Результат порівнюємо з ідеальним(рис 2.8).

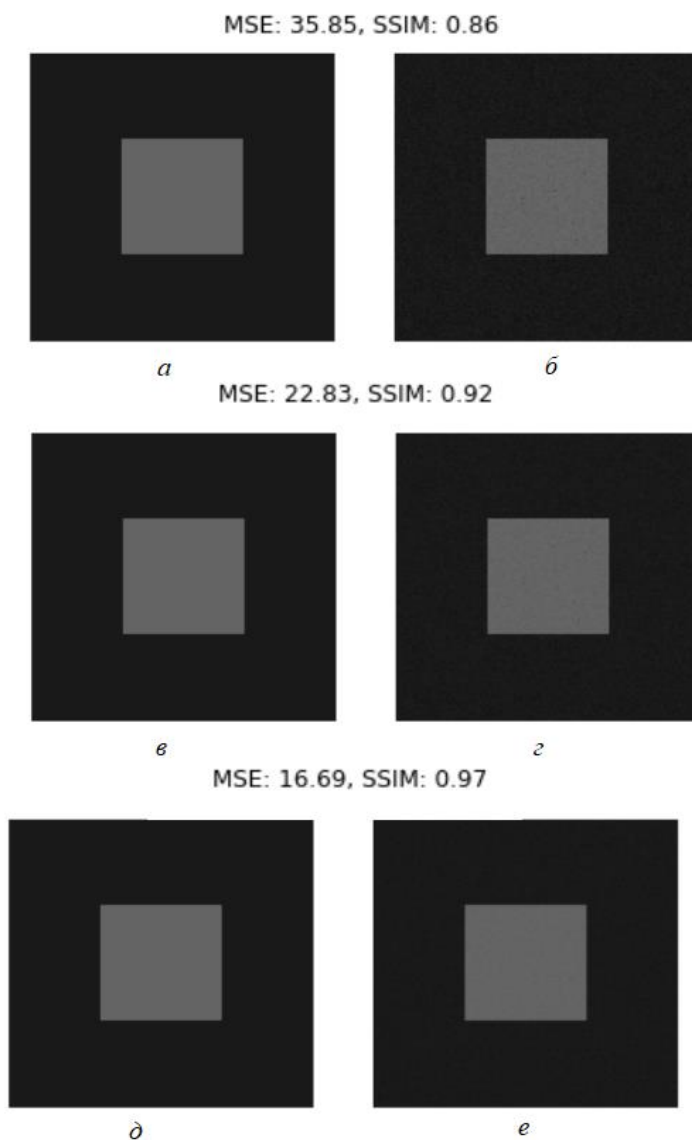


Рисунок 2.8 – Результати використання фільтра Гауса: *a, в, д* – ідеальне зображення; *б* – ядро 3×3 ; *г* – ядро 5×5 ; *е* – ядро 9×9 ;

За результатами порівняння, можна зробити висновок, що ефективніше всього використовувати ядро 9×9 , його результат дуже наближений до ідеального зображення і значення MSE дуже маленьке порівняно з зашумленим зображенням без обробки.

Далі використаємо медіанний фільтр на зашумлене зображення з різними розмірами ядра використовуючи уже реалізовану функцію `medianBlur` з бібліотеки `OpenCV`. Функція приймає два аргументи, вхідне зображення та розмір ядра. Результат порівнюємо з ідеальним(рис 2.9).

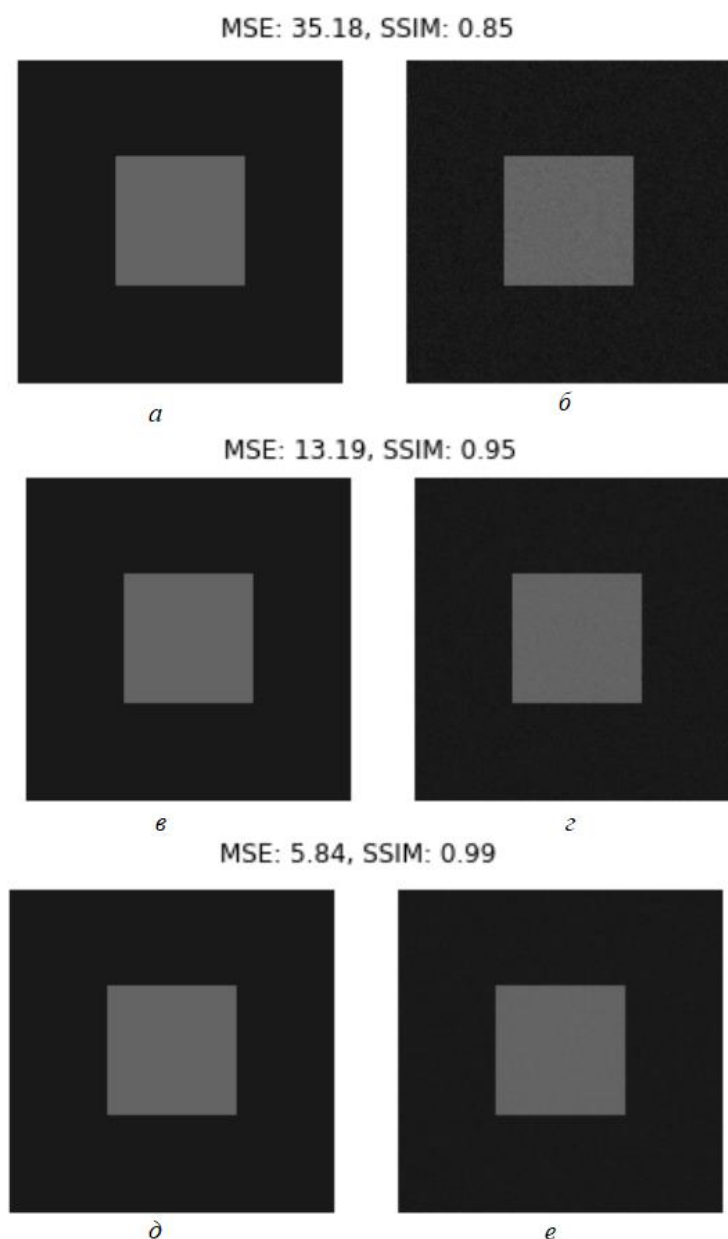


Рисунок 2.9 – Результати використання медіанного фільтра: *a* ,*в* ,*д* – ідеальне зображення; *б* – ядро 3×3 ; *z* – ядро 5×5 ; *e* – ядро 9×9 ;

За результатами порівняння, можна зробити висновок, що ефективніше всього використовувати ядро 9×9 , його результат показує що розбіжність між

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						32
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

відфільтрованим та ідеальним зображенням мінімальна. Це підтверджує значення MSE та SSIM.

Використаємо останній наш фільтр, а саме фільтр середньої точки на зашумлене зображення з різними розмірами ядра використовуючи уже реалізовану функцію `blur` з бібліотеки `OpenCV`. Функція приймає два аргументи, вхідне зображення та розмір ядра. Результат порівняємо з ідеальним(рис 2.10).

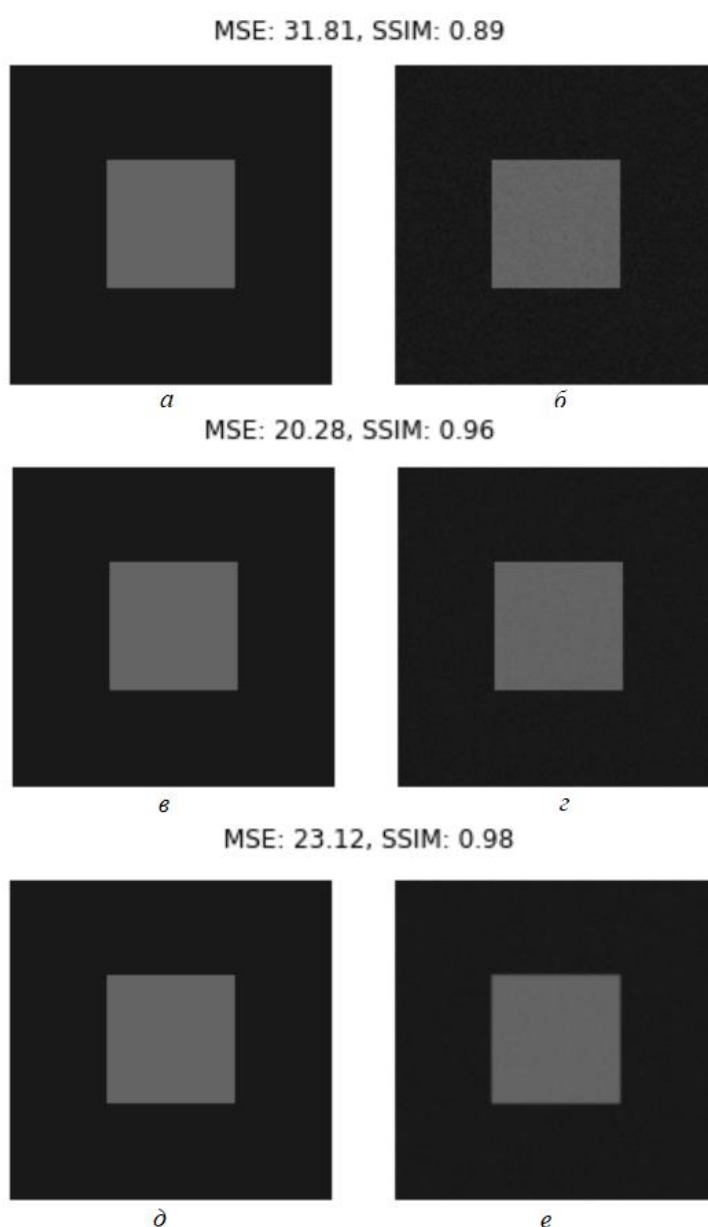


Рисунок 2.10 – Результати використання фільтра середньої точки: *a*, *v*, *д* – ідеальне зображення; *б* – ядро 3×3 ; *г* – ядро 5×5 ; *е* – ядро 9×9 ;

За результатами порівняння краще себе показав фільтр середньої точки з ядром 9×9 .

За результатами роботи фільтрів, можна зробити висновок, що ефективніше всього використовувати медіанний фільтр ядро 9×9 , його результат показує що розбіжність між відфільтрованим та ідеальним зображенням мінімальна. Це підтверджує значення MSE та SSIM.

2.5 Моделювання та обробки лабораторних зображення

Після роботи з ідеальним зображенням ми перейдемо до більш реалістичної моделі. Ми також будемо використовувати:

- Фільтр Гауса;
- Фільтр середньої точки;
- Медіанний фільтр;

Зробимо порівнювати результати з різними параметрами фільтра і побачимо різницю між ідеальною моделлю та реальною.

```
Imagesize = Image.open("Test.jpg")

(width, height) = Imagesize.size

testImage = cv.imread('Test.jpg')

testImage = cv.cvtColor(testImage, cv.COLOR_BGR2GRAY)

randValsTest = np.random.normal(mu, s, size = [height, width])

testNoise = testImage + randValsTest
```

Спочатку ми зчитуємо зображення та отримуємо його розміри, а саме ширину і довжину. Потім зчитуємо ще раз отримане зображення але іншою

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						34
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

бібліотекою та відсікаємо від нього всі кольори крім сірого так, як такий колір буде при отриманні зображення з прибору нічного бачення на платформі Raspberri Pi. Далі ми задаємо масив з таким ж розмірами як і наше зображення, з математичним очікуванням 0 та середньоквадратичним відхиленням 9. І при додаванні цих значень отримуємо маси який при переводі в зображення містить в собі шум Гауса та одразу подивись наскільки ці зображення схожі(рис 2.10).

MSE: 81.10, SSIM: 0.51

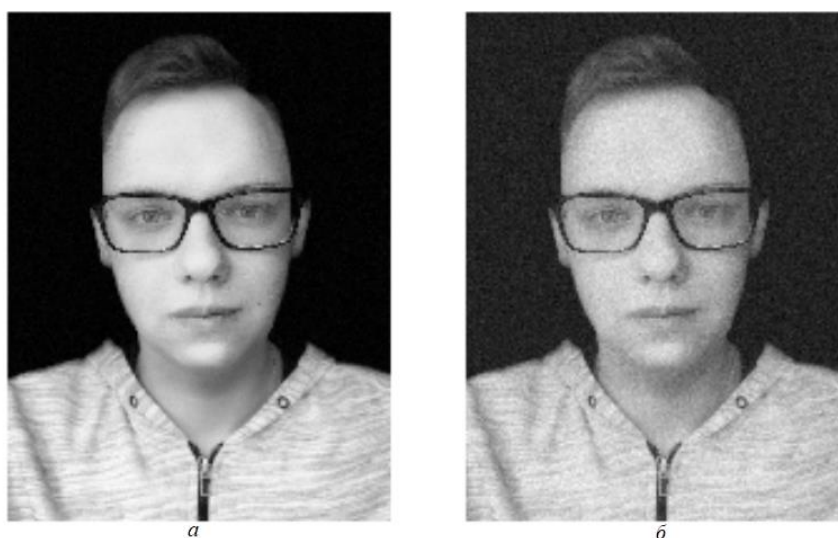


Рисунок 2.10 – Порівняння ідеального та зашумленого зображення: *a* – оригінальне; *б* – зашумлене;

Значення MSE та SSIM показує нам, що оригінальне та зашумлене зображення відрізняються. Використаємо фільтр Гауса на зашумлене зображення з різними розмірами ядра використовуючи уже реалізовану функцію GaussianBlur з бібліотеки OpenCV. Функція приймає два головних аргументи, вхідне зображення та розмір ядра. Результат порівняємо з оригінальним зображенням (рис 2.11).

MSE: 17.85, SSIM: 0.83



a



б

MSE: 17.18, SSIM: 0.86



в



г

MSE: 22.19, SSIM: 0.86



д



е

Рисунок 2.11 – Результати використання фільтра Гауса: *a*, *в*, *д* – ідеальне зображення; *б* – ядро 3×3 ; *г* – ядро 5×5 ; *е* – ядро 9×9 ;

За результатами порівняння, можна зробити висновок, що краще при роботі з реальними зображеннями краще використовувати фільтр Гауса використовувати ядро 5×5 , його результат краще ніж інші результати з яром 3×3 та 9×9 .

Далі використаємо медіанний фільтр на зашумлене зображення з різними розмірами ядра використовуючи уже реалізовану функцію `medianBlur` з бібліотеки `OpenCV`. Функція приймає два аргументи, вхідне зображення та розмір ядра. Результат порівнюємо з оригінальним зображенням (рис 2.12).

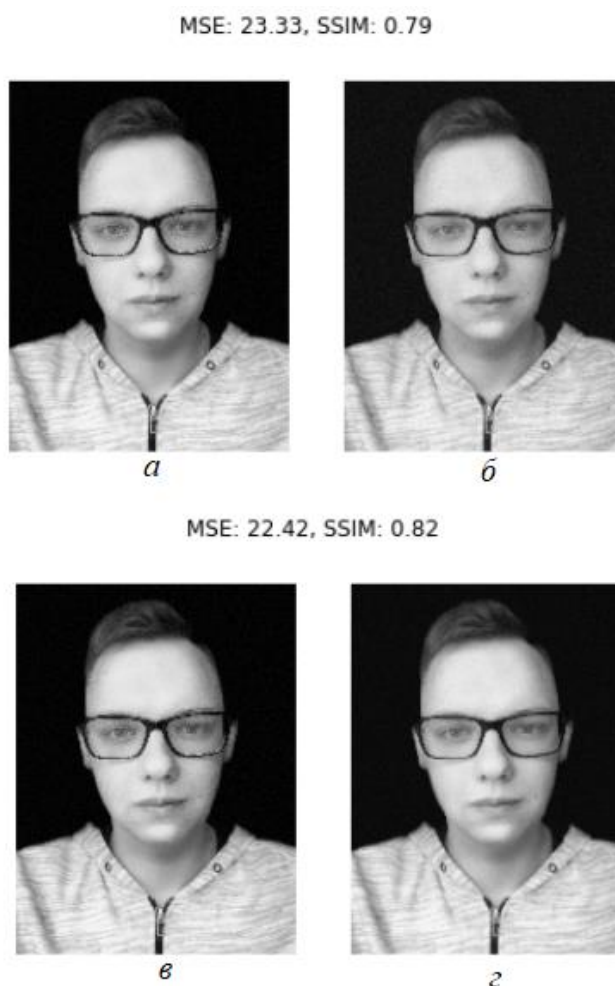


Рисунок 2.12 – Результати використання медіанного фільтра: *a* ,*в* – ідеальне зображення; *б* – ядро 3×3 ; *г* – ядро 5×5 ;

За результатами порівняним, можна зробити висновок, що краще при роботі з реальними зображеннями краще використовувати медіанний фільтр з ядром 5×5 . Ми не використали фільтр з ядром 3×3 та 5×5 , тому що розширення зображення не дає змогу використовувати ядро 9×9 .

Використаємо останній наш фільтр, а саме фільтр середньої точки на зашумлене зображення з різними розмірами ядра використовуючи уже

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						37
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

реалізовану функцію `blur` з бібліотеки `OpenCV`. Функція приймає два аргументи, вхідне зображення та розмір ядра. Результат порівнюємо з оригінальним зображенням (рис 2.13).

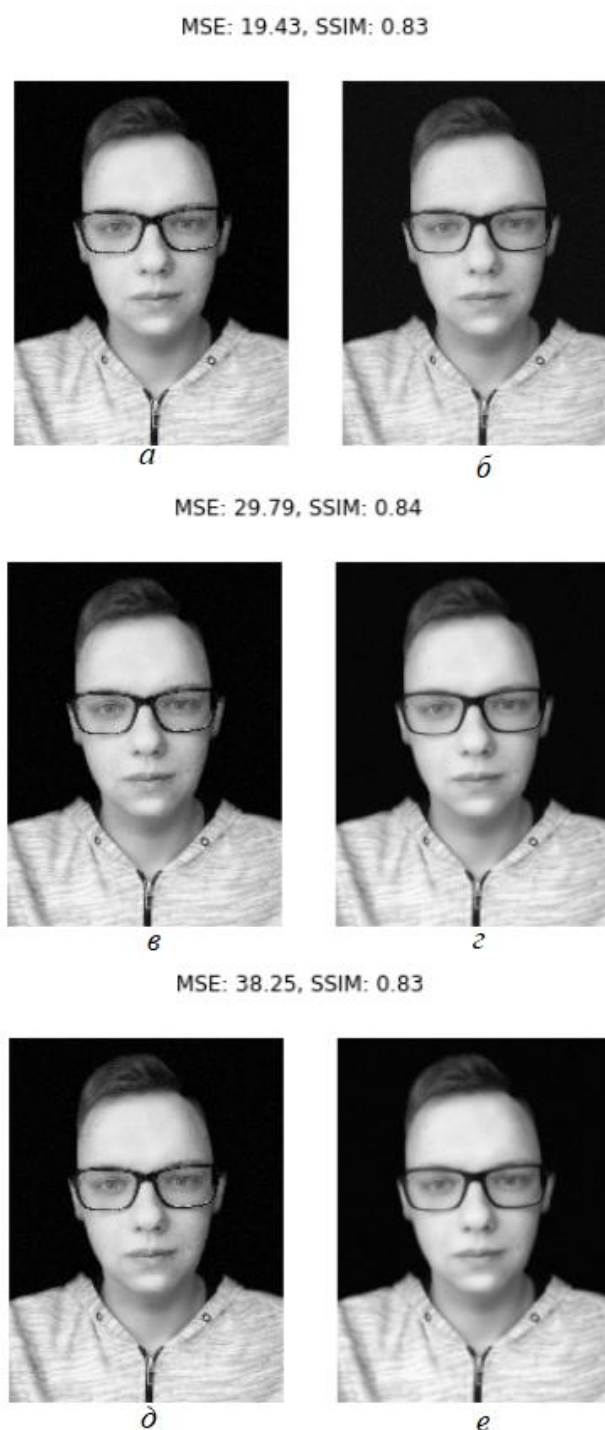


Рисунок 2.13 – Результати використання фільтра середньої точки: *a*, *в*, *д* – ідеальне зображення; *б* – ядро 3×3; *г* – ядро 5×5; *е* – ядро 9×9;

За результатами порівняння, можна зробити висновок, що практиці при роботі з реальними зображеннями краще використовувати фільтр середньої точки з ядром 3×3 , хоча у зображення з фільтр середньої точки і ядром 5×5 , SSIM на 0.01 більше та значення MSE більше на 10.36, а це і той фактор який означає що краще використовувати ядро 3×3 . Та за результатами роботи наших фільтрів ми, можемо сказати, що краще всього показав себе фільтр Гауса з ядром 5×5 .

Висновок: в даному розділі ми розглянули, що таке шуми, які види шумів є, та які фільтри нам краще використовувати. Та на основі моделювання ми вияснили, що краще себе показав фільтр Гауса з розміром ядра 5×5 , тому ми й будимо його використовувати.

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						39
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ. ХАРАКТЕРИСТИКА І ОПИС ДАТЧИКА ТА МІКРОПРОЦЕСОРА

Raspberry Pi Zero W є прямим продовженням покоління плат Raspberry Pi Zero. Буква W в закінченні імені символізує наявність в схемі Raspberry Pi Zero чіпа Cypress CYW43438, з двома інтегрованими стандартами бездротового зв'язку WiFi 2.4 ГГц і Bluetooth 4.1, включаючи підтримку технології низького енергоспоживання (Bluetooth BLE). Обидва види зв'язку широко застосовувані в сучасних умовах. Мікросхема CYW43438 поєднана з вбудованою антеною, розведеною на платі у вигляді зігнутої доріжки. Поруч з нею є місце для припаювання гнізда кріплення зовнішньої антени.

2.1 Raspberry Pi Zero W

Розглянемо які елементи знаходяться на платі Raspberry Pi Zero W охарактеризуємо їх (рис 3.1)

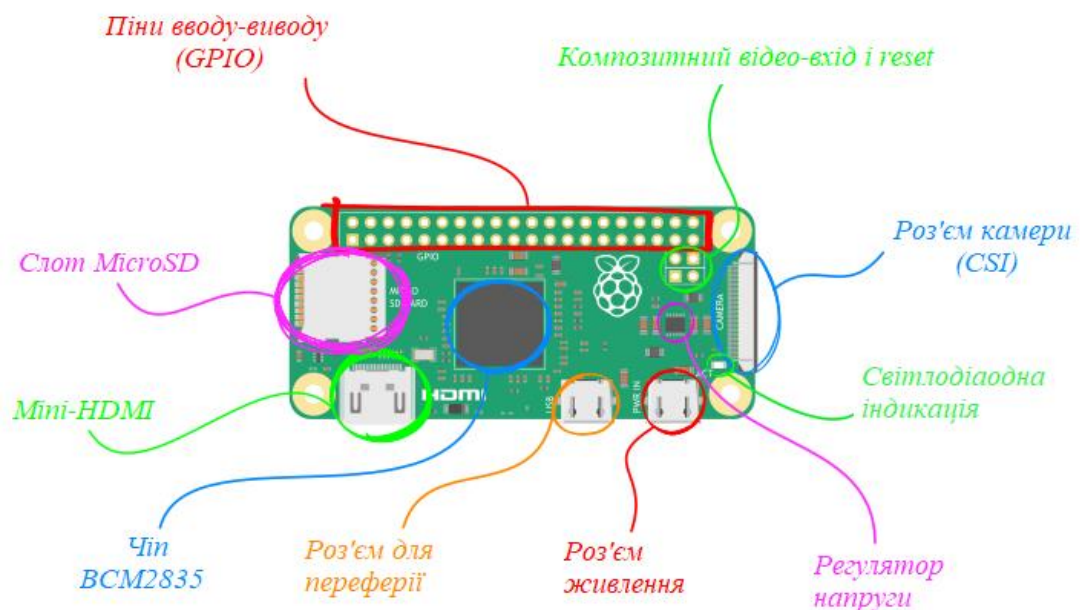


Рисунок 3.1 – Елементи плати Raspberry Pi Zero W

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

Чіп BCM2835

Серце комп'ютера Raspberry Pi Zero - чіп Broadcom BCM2835, який виконаний за технологією SoC (англ. System-on-a-Chip - система на кристалі). Кристал включає в себе процесор CPU ARM1176JZ-F розігнаний до частоти 1 ГГц і графічний двоядерний співпроцесор GPU VideoCore IV з частотою 250 МГц.

Зверху на чіпі BCM2835 за технологією PoP (англ. Package-on-Package - корпус на корпусі) розташована оперативна пам'ять Elpida B4432BBPA-10-F об'ємом 512 МБ.

Mini-HDMI

Роз'єм призначений для виведення цифрового відео і звуку на мультимедійні пристрої. Для комунікації знадобитися HDMI-кабель з адаптером (рис. 3.2).

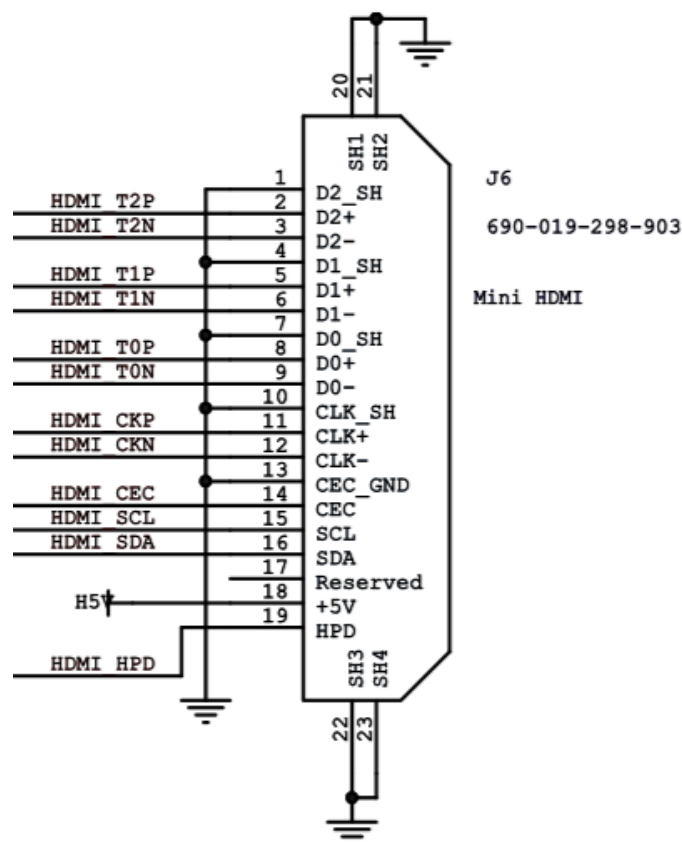


Рисунок 3.2 – Роз'єм Mini-HDMI

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

Роз'єм підключення периферії

Порт формфактору micro-USB для підключення мультимедійних пристроїв із стандартним USB-роз'ємом.

Роз'єм живлення

Роз'єм формфактору micro-USB призначений для живлення Raspberry Pi (рис 3.3). Струм може досягати до 3 ампер. Для стабільної роботи використовуйте зарядник 5 В спільно з кабелем USB (A - Micro USB).

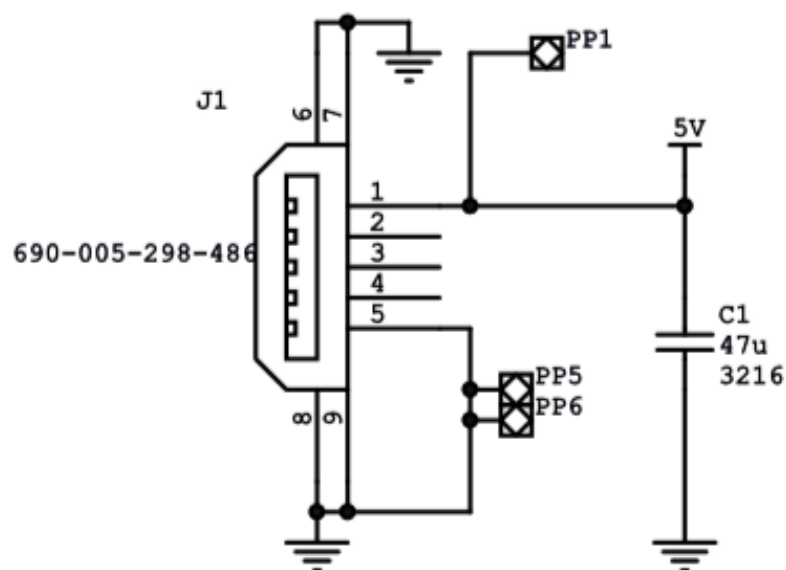


Рисунок 3.3 – Роз'єм живлення

Слот для microSD

Слот для карти пам'яті формату microSD (рис 3.4). Використовуйте карту зі встановленою OS Raspbian або запишіть образ самостійно.

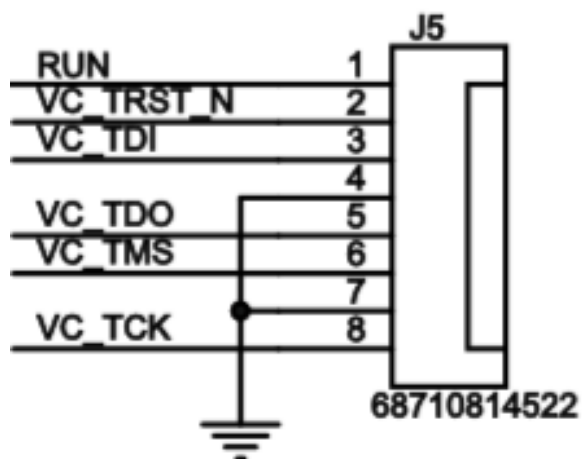


Рисунок 3.4 – Слот для microSD карти

Композитний відео вихід

Вихід аналогового відео сигналу у вигляді двох пінів під пайку. Сигнал використовується для підключення до «теплим ламповим телевізором» через RCA-роз'єм або в просто народі «тюльпан».

Роз'єм камери (CSI)

Піни CSI роз'єму камери(рис. 3.5)

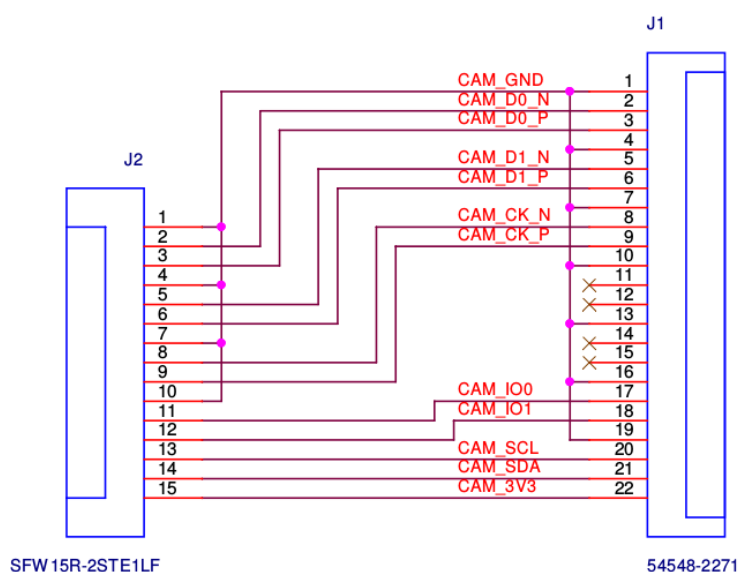


Рисунок 3.5 – Схема пінів CSI роз'єму

CAM1_CN та CAM1_CP

Ці контакти забезпечують тактовий імпульс для смуг даних MIPI для першої камери. Вони підключаються до контактів MIPI Clock Positive (MCP) і MIPI Clock (MCN) ICC камери. Ці тактові сигнали зазвичай надходять від модуля камери, що генерується схемою MIPI.

CAM1_DN0 та CAM1_DP0

Це вивід даних MIPI Data Positive (MDPI) і MIPI Data negative (MDN) для смуги даних 0 камери 1.

CAM1_DN1 та CAM1_DP1

Це вивід даних MIPI Data Positive (MDPI) і MIPI Data negative (MDN) для смуги даних 1 камери 1.

SCL0 та SDA0

Менша послідовна шина, що складається з контактів SCL і SDA, забезпечує послідовну зв'язок, яка дозволяє користувачеві управляти функціями камери, такими як вибір дозволів. Ці контакти підключаються безпосередньо до веденого інтерфейсу SCCB всередині IC камери.

Вивід SCL забезпечує стандартний вхідний тактовий сигнал послідовного інтерфейсу і стандартний послідовний інтерфейс SDA для введення / виведення даних.

Регулятор напруги

Двоканальний імпульсний понижуючий регулятор напруги РАМ2306АУРКЕ з виходами 3,3 В і 1,8 В. Максимальний струм кожного каналу 1 А (рис 3.6).

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						44
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

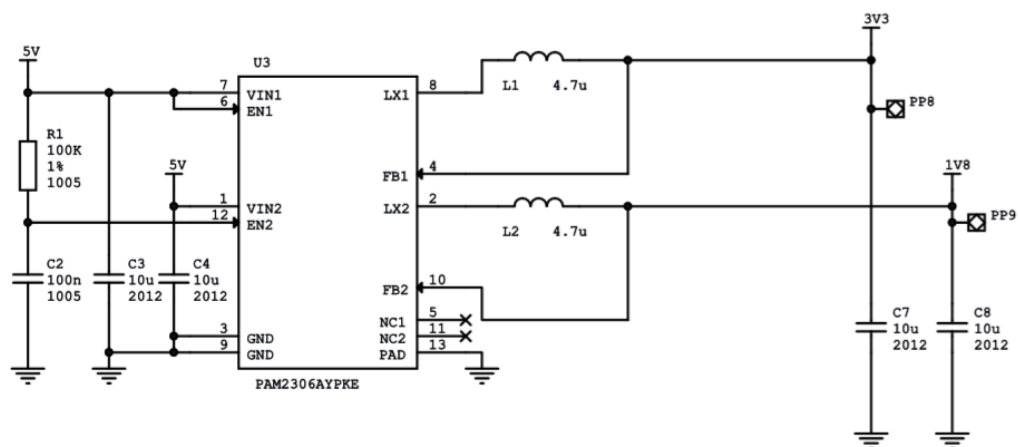


Рисунок 3.6 – Регулятор напруги PAM2306AYPKE

Піни GPIO

На Raspberry Pi Zero W розташовані два ряди по 20 контактів у вигляді луджених отворів(рис 3.7) .

! Pins are not 5V tollerant!

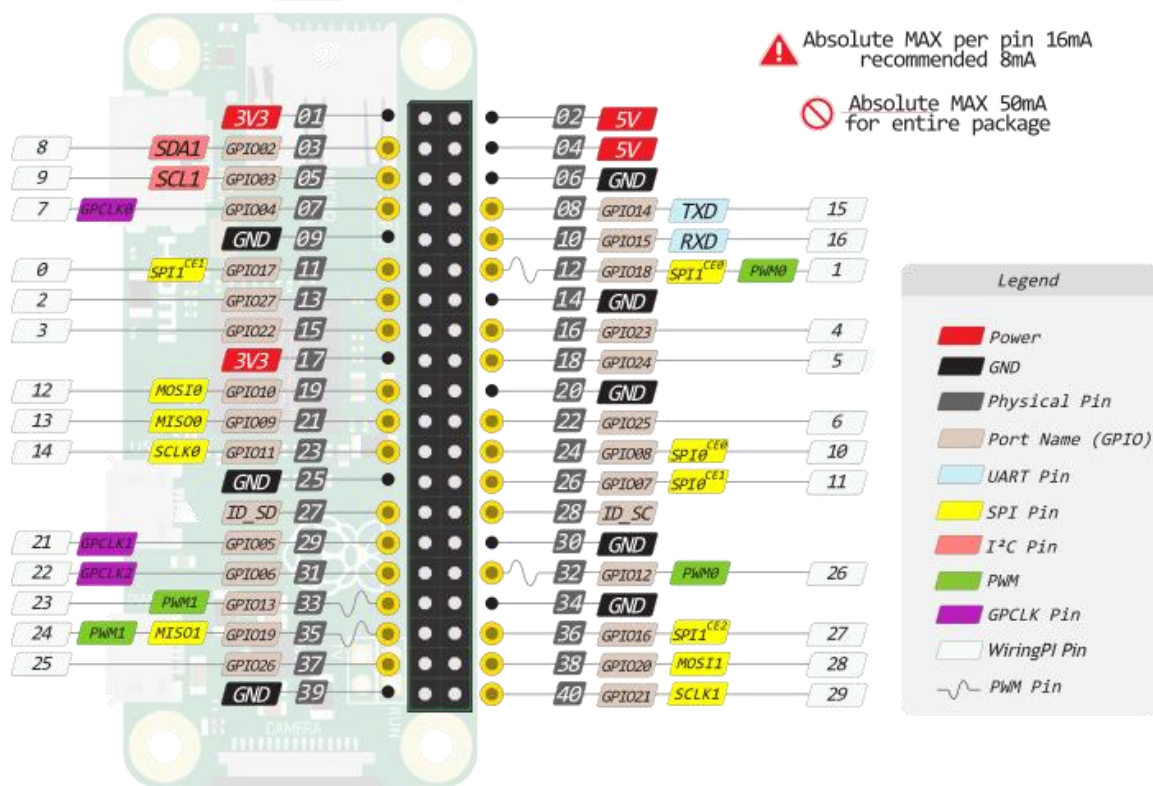


Рисунок 3.7 – GPIO піни

Піни живлення

5V: На виведення надходить напруга 5 В при підключенні плати через USB.

3V3: Пін від стабілізатора напруги з виходом 3,3 вольтів і максимальних струмом 1 А. Регулятор забезпечує живлення процесора та інших елементів плати.

GND: Виводи землі.

Порти вводу/виводу

На відміну від платформ з логічним напругою 5 В, напруга логічних рівнів Raspberry Pi є 3,3 В. Виходи для логічної одиниці видають 3,3 В, а в режимі входу очікують приймати не більше 3,3 В. Більш висока напруга може пошкодити одноплатник .

Будьте уважні при підключенні периферії: переконайтеся, що вона може коректно функціонувати в цьому діапазоні напруги.

Цифрові входи / виходи: На платі розташовано 26 контактів пінів введення-виведення GPIO. Логічний рівень одиниці - 3,3 В, нуля - 0 В. Максимальний струм виходу - 16 мА. У світі Raspberry Pi закріпилося три нумерації контактів:

- **Board Pin Name:** фізичне нумерація контактів на гребінці.
- **BCM Pin Name:** нумерація контактів процесора Broadcom.
- **WiringPi Pin Name:** нумерація контактів для пакета Wiring Pi.

PWM: Два канали ШИМ по два потоки в кожному.

- **PWM0:** піни 12(BCM) або 18(BCM)
- **PWM1** піни 13(BCM) або 19(BCM)

I²C: піни SDA і SCL

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						46
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

UART: піни TX и RX

SPI:

- **SPI0:** піни MOSI0, MISO0, SCLK0, CE0 и CE1
 - **SPI1:** піни MOSI1, MISO1, SCLK1, CE0, CE1 и CE2
- К **SPI0** можна підключити два ведених пристрої, а до **SPI1** — три.
Вибір здійснюється сигналом на піне CEx.[4]

Не видимі частини

Також на платі присутній Wifi 2.4GHz 802.11n, BLE та класичний Bluetooth 4.1.

Характеристики:

- Чіп: Broadcom BCM2835 с CPU и GPU
- Процесор CPU: ARM1176JZ-F с тактовою частотою 1 ГГц
- Графічний співпроцесор GPU: VideoCore IV с тактовою частотою 400 МГц
- RAM-пам'ять: Elpida B4432BBPA-10-F 512 МБ
- WiFi: 2.4 ГГц, IEEE 802.11b/g/n
- Програмні інтерфейси: GPIO, UART, I2C, SPI, I2S, PWM
- Модуль бездротового зв'язку: CYW43438
- Bluetooth: 4.1, BT Classic, Bluetooth Low Energy (BLE)
- Порт для периферії: Micro USB с OTG
- Роз'єм відеокамери: Camera Serial Interface (MIPI CSI)
- Карта пам'яті: MicroSD
- Порти вводу-виводу: 40

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						47
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Розміри: 66×32×5 мм
- Мінімальне використання току: 600 мА
- Робоча напруга: 3.3 В
- Вага: 9 грам

2.2 Датчик OV5647

Відмінна 5-мегапіксельна камера для Raspberry Pi від Waveshare (RPi Camera F) на основі датчик OV5647 від компанії OmniVision Technologies. Та передача даних реалізована через роз'єм для камери CSI. Розглянемо блок діаграму датчика OV5647(рис 3.8). [6]

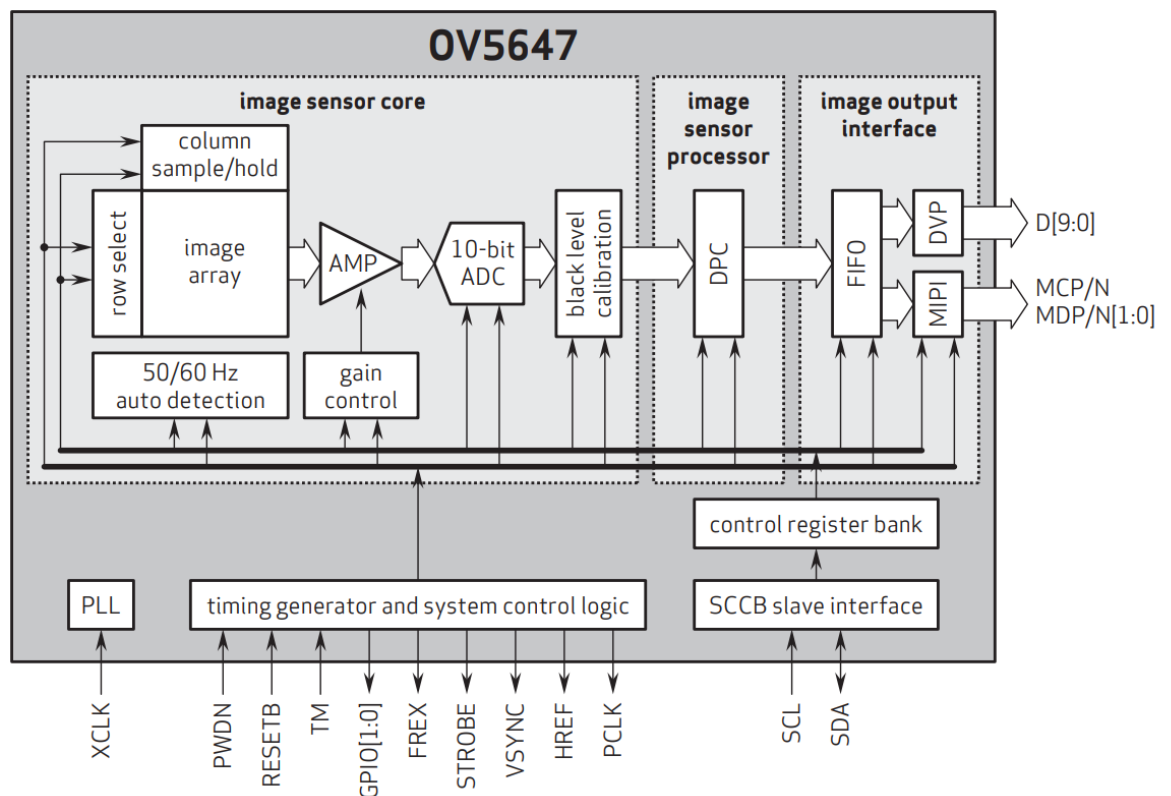


Рисунок 3.8 Блок діаграма датчика OV5647

Технічні характеристики датчика OV5647:

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

- Активний розмір масиву: 2592 x 1944
 - Джерело живлення:
- Core: 1,5 В ± 5% (з вбудованим регулятором 1,5 В)
 - аналог: 2,6 ~ 3,0 В (типовий 2,8 В)
 - I / O: 1,7 ~ 3,0 В
- Вимоги до потужності:
 - активний: 96 мА
 - режим очікування: 20 мкА
- Температурний діапазон:
 - В режимі роботи: перехід від -30 ° С до 70 ° С
 - стабільне зображення: перехід від 0 ° С до 50 ° С
- Вихідні формати: 8-/10-bitRGBRAW data
- Розмір матриці: 1/4 "
- Кут випромінювання головного об'єктива: 24 °
- вхідна тактова частота: 6 ~ 27 МГц
- Максимальне співвідношення S/N: 34дБ
- динамічний діапазон: 67 дБ при збільшенні 8х
- максимальна швидкість передачі зображення:
 - QSXGA (2592x1944): 15 fps
 - 1080p: 30 fps
 - 960p: 45 fps
 - 720p: 60 fps

- VGA (640x480): 90 fps
- чутливість: 600 мВ / люкс-сек
- Максимальний інтервал опромінення: $1968 \times t_{ROW}$
- Розмір пікселя: $1.4\mu m \times 1.4\mu m$
- Темний струм: 8 мВ / сек @ температура стику $50^{\circ} C$
- Область зображення: $3673.6\mu m \times 2738.4\mu m$
- розміри штампу: $5520\mu m \times 4700\mu m$

Інтерфейс передачі даних CSI - це односпрямований диференціальний послідовний інтерфейс з даними та тактовими сигналами. Специфікація CSI визначає стандартні інтерфейси передачі та управління даними між передавачем та приймачем (рис 3.9).

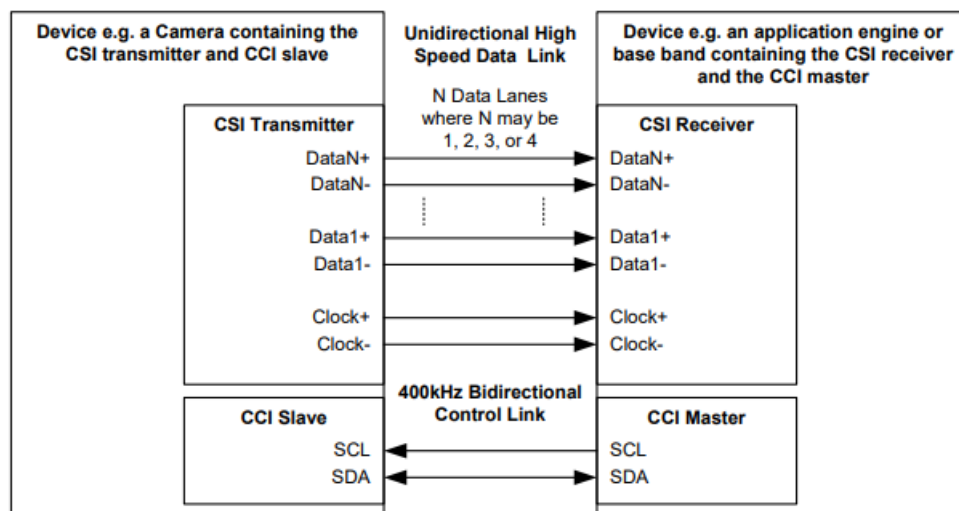


Рисунок 3.9 – з'єднання між передавачем CSI і приймачем, які зазвичай є модулем камери та модулем приймача (процесор).

Інтерфейс управління (званий CCI) - це двосторонній інтерфейс управління, сумісний зі стандартом I²C.

Через розмаїття різних технологій (CMOS, NMOS, біполярні прилади) які можуть бути використані з шиною I²C, рівні логічного "0" і "1" не встановлені і залежать від величини напруги живлення VDD. Для передачі одного біта даних використовується один імпульс сигналу синхронізації, при цьому рівень на лінії SDA повинен бути незмінним протягом високого рівня на лінії SCL, і може змінюватися тільки при низькому рівні на SCL (рис. 3.10). Винятками є два особливих стану - START і STOP.

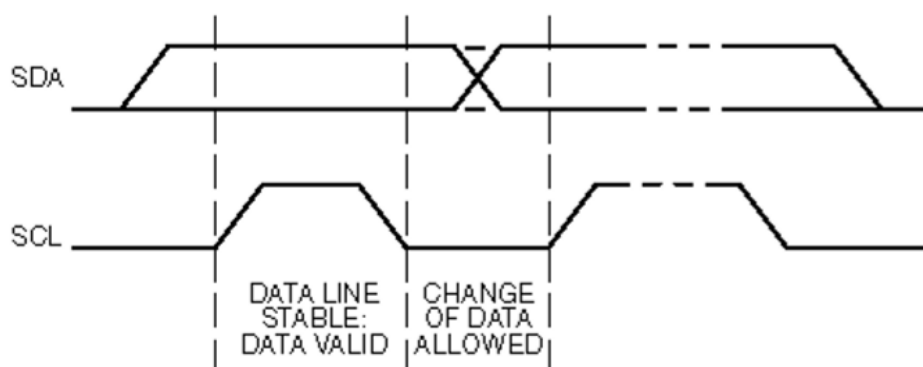


Рисунок 3.10 – Передача біта

START і STOP

Існують два особливих стану шини I²C – start і stop, які служать для індикації початку і кінця передачі і відповідно переходу шини в неактивний стан. Слід зазначити, що до тих пір, поки не встановлено стан start, сигнали на лініях SDA і SCL можуть бути абсолютно довільними (рис. 3.11). Це дозволяє, зокрема, використовувати одну лінію SDA і кілька ліній SLC (наприклад, при нестачі, адрес на одній шині).

Стан START - перехід від "1" до "0" на лінії SDA при "1" на лінії SCL.

Стан STOP - перехід від "0" до "1" на лінії SDA при "1" на лінії SCL.

Ці два стани завжди генеруються майстром.

Детектування станів start і stop в спеціалізованих елементах зазвичай проводиться апаратно. При повністю програмної реалізації шини I²C в

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						51
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроконтролерах без апаратної I²C – частини необхідно як мінімум 2 рази перевіряти стан лінії SDA. [7]

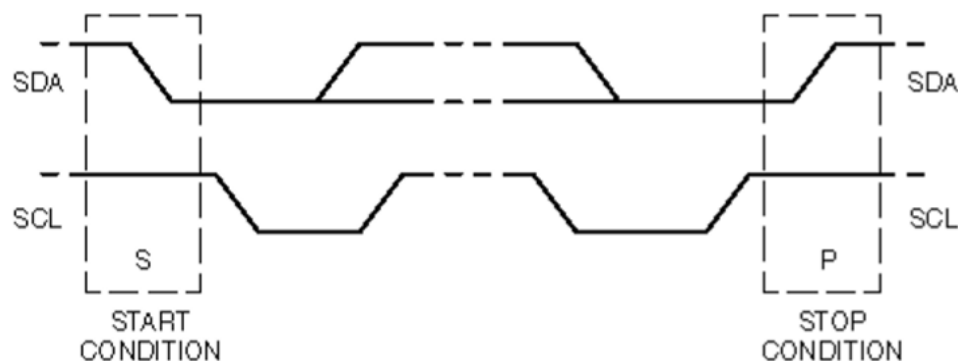


Рисунок 3.11 – START і STOP стани.

Висновок: Ми розглянули компоненти мікроком'ютера, датчик OV5647 та інтерфейс передачі даних які використовуються та характеристики цих компонентів. Розроблена функціональна схема відповідає вимогам технічного завдання та представлена у додатку 2.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПОХИБОК

4.1 Експериментальне дослідження

Для проведення експерименту було використане зображення зроблене прибором нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi та на камеру з кращою якістю картинки.

Після проведення моделювань ми побачили які краще фільтри і з якими параметрами потрібно використовувати, але тепер ми перевіримо на реальних зображеннях які потрібно буде обробляти нашому програмному забезпеченню. Розглянемо наші зображення (рис 4.1) та використаємо наші фільтри.

MSE: 16.00, SSIM: 0.82



Рисунок 4.1 – Порівняння ідеального та реального зображення: *а* – ідеальне;
б – реальне;

За результатами MSE та SSIM, ми бачимо що зображення відрізняються, але не так сильно, як при моделюванні. І зараз ми побачимо результат роботи

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						53
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

фільтра Гауса на зашумлене зображення з різними розмірами ядра (рис. 4.2) використовуючи уже реалізовану функцію `GaussianBlur` з бібліотеки `OpenCV`. Функція приймає два головних аргументи, вхідне зображення та розмір ядра.



Рисунок 4.2 – Результати використання фільтра Гауса: *а, в, д* – ідеальне зображення; *б* – ядро 3×3 ; *г* – ядро 5×5 ; *е* – ядро 9×9 ;

За результатами порівняним, можна зробити висновок, що краще себе показав фільтр Гауса з ядром 5×5 . Далі використаємо медіанний фільтр на зашумлене

зображення з різними розмірами ядра використовуючи уже реалізовану функцію `medianBlur` з бібліотеки `OpenCV`. Функція приймає два аргументи, вхідне зображення та розмір ядра. Результат порівнюємо з лабораторним зображенням (рис 4.3).

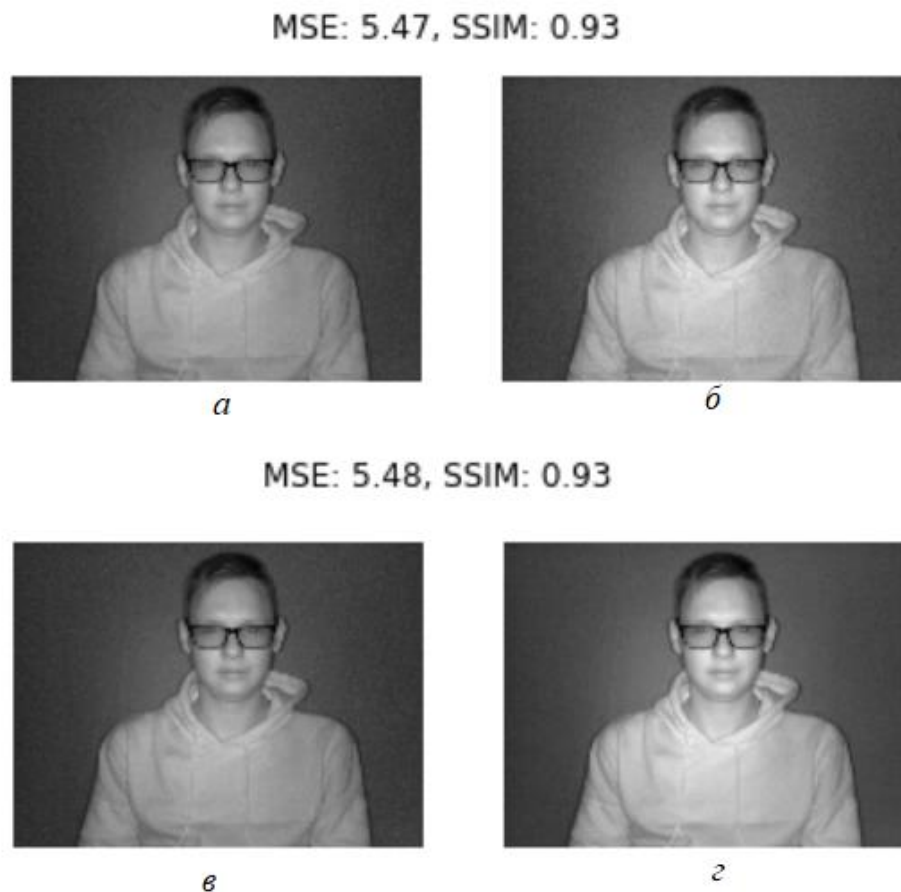


Рисунок 4.3 – Результати використання медіанного фільтра: *a*, *в* – ідеальне зображення; *б* – ядро 3×3 ; *г* – ядро 5×5 ;

За результатами порівняним, можна зробити висновок, що медіанний фільтр з ядром 3×3 та 5×5 показали майже однакові результати. Але за результатами попереднього моделювання краще все ж брати медіанний фільтр з розмірами ядра 5×5 . Ми не використали фільтр з ядром 3×3 та 5×5 , тому що розширення зображення не дає змогу використовувати ядро 9×9 .

Використаємо останній наш фільтр середньої точки на зашумлене зображення з різними розмірами ядра використовуючи уже реалізовану функцію `blur` з

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						55
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

бібліотеки OpenCV. Функція приймає два аргументи, вхідне зображення та розмір ядра. Результат порівнюємо з лабораторний зображенням (рис 4.4).

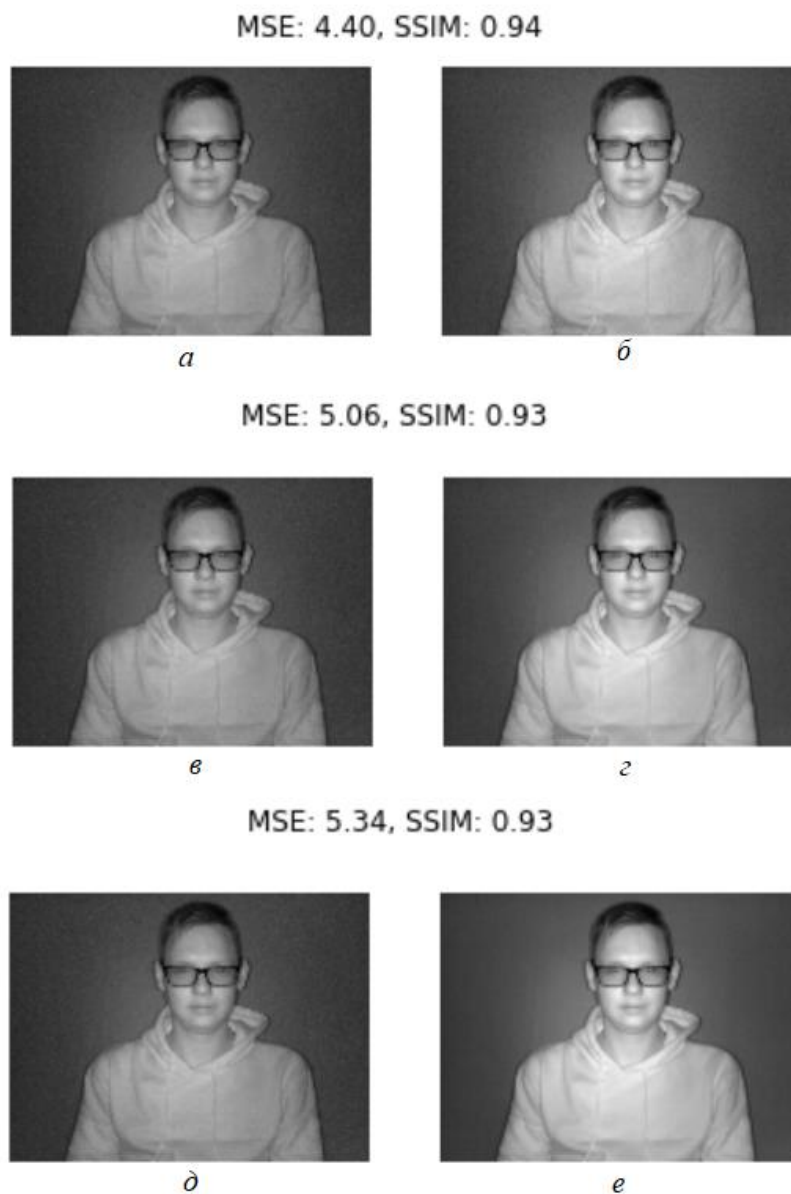


Рисунок 4.4 – Результати використання фільтра середньої точки: *a* , *в* , *д* – ідеальне зображення; *б* – ядро 3×3; *г* – ядро 5×5; *е* – ядро 9×9;

За результатами порівняння, можна зробити висновок, що практиці краще використовувати фільтр середньої точки з ядром 3×3.

4.2 Аналіз похибок

Було проведено дослідження в ході якого було виявлено, що з часом роботи пристрою, він починає нагріватися та в зв'язку з цим падає якість початкового зображення(рис 4.5).

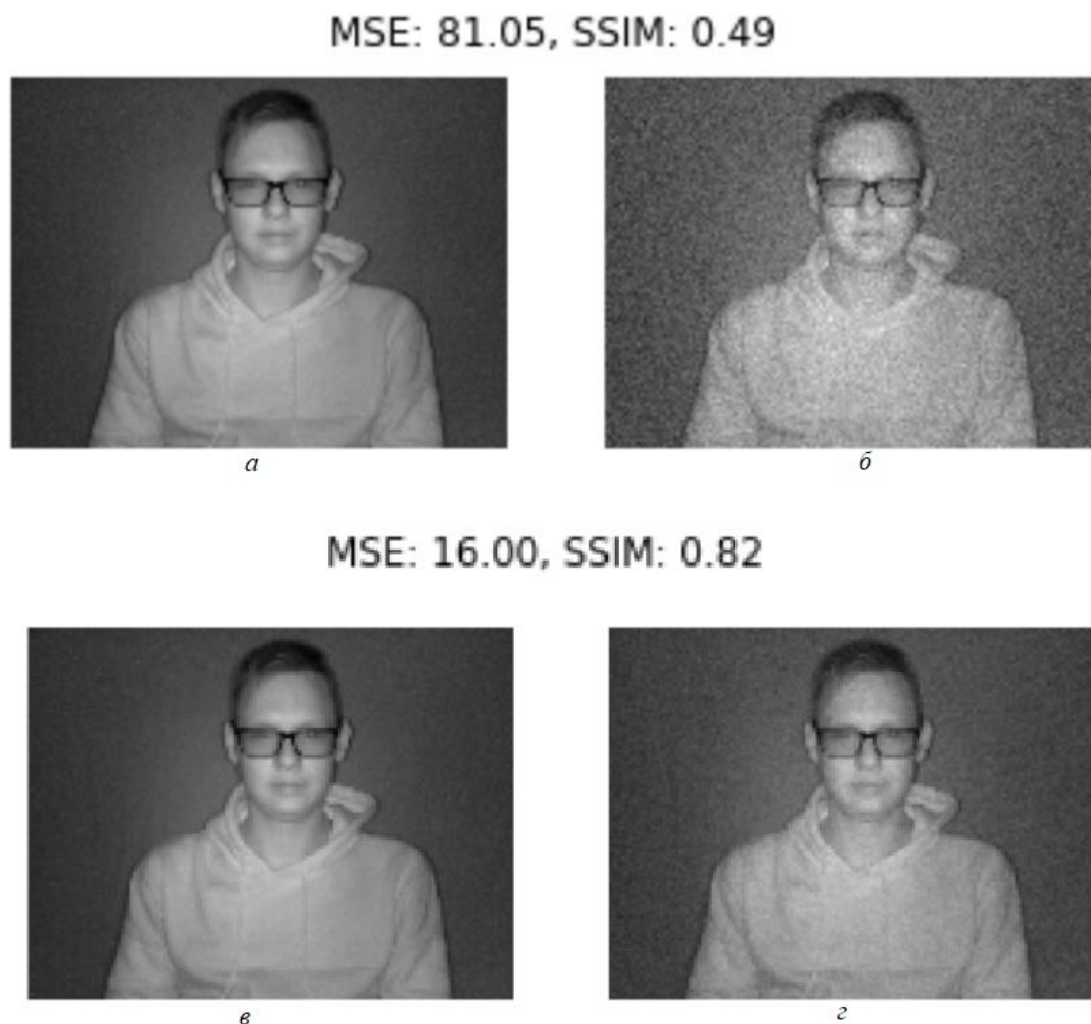


Рисунок 4.5 – Вплив температури на якість зображення: *а, в* – ідеальне зображення; *б* – зображення зроблене 55 хвилин після увімкнення пристрою; *г* – зображення зроблене зразу після увімкнення пристрою;

Було зроблено 11 вимірів кожні 5 хвилин починаючи з початку роботи пристрою. На основі спостережень і аналіз причин які могли вплинути на це було вирішено вирахувати випадкову похибку.

					BM61.070004.001 ПЗ	Арк.
						57
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Причини виникнення випадкових похибок в наших вимірах можна виділити:

- випадкові коливання зовнішніх впливних величин — температури, вологості повітря, атмосферного тиску, напруженості зовнішніх електричних та магнітних полів тощо;
- теплові шуми в електронних приладах;
- просторова (неоднорідність) та часова нестабільність об'єкта вимірювання.
- конструктивні та технологічні недосконалості вузлів та деталей приладів;

Для визначення випадкової похибки потрібно розрахувати середнє значення результатів повторних вимірювань.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4.1)$$

Де x_i – числовий результат окремого виміру;

n – кількість вимірів;

Для оцінки точності кінцевого числа вимірювань замість σ користуються вибірковою середньою квадратичною помилкою середнього арифметичного

$$\sigma(\bar{x}) = S(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (4.2)$$

Де x_i – числовий результат окремого виміру;

n – кількість вимірів;

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						58
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Також потрібно розрахувати абсолютну випадкову помилку:

$$\Delta_x = t_{n,P} \cdot S(\bar{x}) \quad (4.3)$$

Відносну помилку вимірювання.

$$\delta = \frac{\Delta_x}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (4.4)$$

Та запишемо результат у вигляді:

$$x = \bar{x} \pm \Delta_x, P \quad (4.5)$$

Розрахунок випадкової похибки для спотвореного зображення будемо проводити за допомогою метода Ст'юдента, якщо $P = 0.95$ тоді $t_{n,P} = 2.20$ для $n = 11$ (табл. 4.1). Спочатку середнє арифметичне значення вибірки по формулі (4.1).

Таблиця 4.1 – Результати вимірів для спотворення зображення

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Значення SSIM	0.82	0.78	0.74	0.71	0.67	0.64	0.61	0.58	0.55	0.52	0.49

$$\bar{x} = 0.64$$

Наступним кроком знайдемо середню квадратичну похибку середнього арифметичного за формулою (4.2).

$$S(\bar{x}) = 0.027$$

Далі ми обчислимо ширину довірчого інтервалу (абсолютну випадкову помилку) за формулою (4.3).

$$\Delta_x = 2.200 \cdot 0.027 = 0.06$$

Тепер розрахуємо відносну помилку вимірювання (4.4).

$$\delta = \frac{0.06}{0.64} \cdot 100\% = 9.4\%$$

І на кінець ми запишемо результат у вигляді (4.5):

$$x = 0.64 \pm 0.06, P$$

Розрахунок випадкової похибки для відфільтрованого зображення будемо проводити за допомогою метода Ст'юдента, якщо $P = 0.95$ тоді $t_{n,P} = 2.20$ для $n = 11$ (табл. 4.2). Спочатку середнє арифметичне значення вибірки по формулі (4.1).

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						60
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Результати вимірів для відфільтрованого зображення

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Значення SSIM	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90

$$\bar{x} = 0.926$$

Наступним кроком знайдемо середню квадратичну похибку середнього арифметичного за формулою (4.2).

$$S(\bar{x}) = 0.004$$

Далі ми обчислимо ширину довірчого інтервалу (абсолютну випадкову помилку усього експерименту) за формулою (4.3).

$$\Delta_x = 2.200 \cdot 0.004 = 0.008$$

Тепер розрахуємо відносну похибку вимірювання (4.4).

$$\delta = \frac{0.008}{0.930} \cdot 100\% = 0.86\%$$

І на кінець ми запишемо результат у вигляді (4.5):

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						61
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x = 0.926 \pm 0.008, P$$

Висновок: За результатами роботи наших фільтрів ми, можемо сказати, що краще всього показав себе фільтр Гауса з ядром 5×5 . За результати розрахунку відносна похибка спотвореного зображення дорівнює 9.4%, а відносна похибка відфільтрованого зображення дорівнює 0.86% . Та наш кінцевий запис випадкової похибки стверджує, що будь-яке вимірюване значення потрапляє в довірчий інтервал від $(\bar{x} - \Delta_x)$ до $(\bar{x} + \Delta_x)$ з надійністю P .

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						62
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті розроблено цифровий пристрій нічного бачення на основі платформи Raspberry Pi, а саме:

- Проведено моделювання процесу відновлення спотвореного зображення.
- Визначено похибку спотвореного та відновленого зображення.
- Визначено які фільтри і з якими параметрами краще всього використовувати.
- визначено який фільтр краще всього використовувати, а саме фільтр Гауса з ядром 5×5 .

Для повного опису системи та розгляду її складових, було розроблено такі схеми: структурна, функціональна та принципова. Також перелік елементів та зроблено аналіз похибок експериментального дослідження.

					ВМ61.070004.001 ПЗ	Арк.
						63
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://studfile.net/preview/5725661/page:20/>.
2. <https://ig-security.tech/klasifikaciya-priladiv-nichnogo-bachennya.html>.
3. Старовойтов, В. В. Получение и обработка изображений на ЭВМ: учебно-методическое пособие / В.В. Старовойтов, Ю.И. Голуб. – Минск : БНТУ, 2018. – с. 112-139.
4. <https://habr.com/ru/post/126848/>.
5. wiki.amperka.ru/rpi:raspberrypi-zero.
6. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/587045/OMNIVISION/OV5647.html>.
7. https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/7079/mod_folder/content/0/I2C/I2C_RP.pdf?forcedownload=1.
8. Лабораторний практикум з курсу загальної фізики (для студ. техн. спец. усіх форм навчання): Навч. посібник / І. І. Антропов, Т.В. Бірюкова, О.В. Буслаєва та ін.; за ред. В.В.Мурги. – Алчевськ: ДонДТУ, 2010. - с. 16-22
9. <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/README.md>.

[illegible]

[illegible]